

2. ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА ОБЩИХ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИИ

2.1. Геологическое строение

Район г. Воттоваара расположен в западном крыле Янгозерско-го синклиория (рис. 3) – второго по величине (после Онежского синклиория) на Карельском кратоне. Эти тектонические структуры сложены осадочными и магматогенными палеопротерозойскими (сумийскими, сариолийскими, ятулийскими, людиковийскими) образованиями.

Стратиграфия. На западном склоне горы отмечается непосредственное налегание низов терригенной толщи сегозерского горизонта ятулийского надгоризонта, возрастные рубежи которого оцениваются в 2300–2100 млн лет (Общая стратиграфическая шкала..., 2002), на породы архейского фундамента с образованием коры выветривания.

Кора выветривания фундамента, образовавшаяся около 2,3 млрд лет назад, хорошо изучена (Соколов и др., 1970), в ее строении выделяются четыре зоны (снизу вверх):

1. Слабоизмененные породы фундамента: тоналиты, граниты, гнейсы по ним со слабосеритизированным по краям зерен и двойниковым швам плагиоклазом, биотит сохраняет свежий облик, но нередко хлоритизирован, присутствует небольшое количество эпидота.

2. Выветрелые породы фундамента серого, зеленовато-серого или розовато-серого цвета. Зерна кварца сохраняют неправильные, характерные для гранитной структуры ксеноморфные очертания. Нередко на зернах кварца в контактах с интенсивно измененными зернами плагиоклазов наблюдается регенерационная кайма. Микроклин во многих случаях сохраняет свежий облик, а плагиоклаз претерпевает

постепенную прогрессирующую серицитизацию, вплоть до полного замещения мелкочешуйчатым серицитом. Биотит в значительной степени, а часто полностью замещается хлоритом (а позднее – серицитом) с выделением рудных, обычно представленных лейкоксеном, иногда рутилом в виде тонкой сагенитовой решетки.

3. Породы фундамента сохраняют реликты скелетной гранитной структуры, которая распознается по характерным ксеноморфным контурам зерен кварца. Последние нередко корродированы и имеют трещины, заполненные серицитом. Плаггиоклаз полностью замещен агрегатами тонкочешуйчатого серицита или серицита с небольшим количеством карбоната и талька. Биотит обычно полностью замещается хлоритом с лейкоксеновыми выделениями или сагенитовой решеткой рутила. Хлорит, в свою очередь, очень часто замещен серицитом, смесью серицита и кварца. Часто наблюдается вторичный мелко мозаичный кварц.

4. Породы кварцево-серицитовые зеленовато-серые, нередко рассланцованные, залечивают пространство между многочисленными менее измененными блоками гранитоидов фундамента, образуют брекчию.

Указанная зональность коры выветривания наблюдается в различных районах, хотя мощность отдельных зон изменяется, и они не всегда сохраняются от размыва. Общая мощность зон 2–4 коры выветривания меняется в пределах 5–25 м.

Выше коры выветривания по разрезу, часто с размывом нижележащих пород, залегают кварцевые конгломераты, гравелиты и песчаники ятулия. Ятулийские базальные отложения западной части кратона представлены конгломератами и гравелитами кварцевого, кварцево-гранитного, сланцево-кварцевого состава (Соколов, Хейсканен, 1972). Когда в основании разреза развиты кварцевые конгломераты, как, например, на западном склоне г. Воттоваара, их принадлежность к ятулию и залегание ниже коры выветривания ни у кого не вызывает сомнений. Появление же здесь гранитных конгломератов заставляет некоторых исследователей относить их к сариолию. Преобладающие по объему и частоте встречаемости кварцевые конгломераты связаны с гранитными конгломератами постепенными фациальными переходами и залегают на коре выветривания гранитоидов и других доятулийских пород. Вверх по разрезу они постепенно сменяются песчано-кварцевитовой толщей нижнесегозерского подгоризонта.

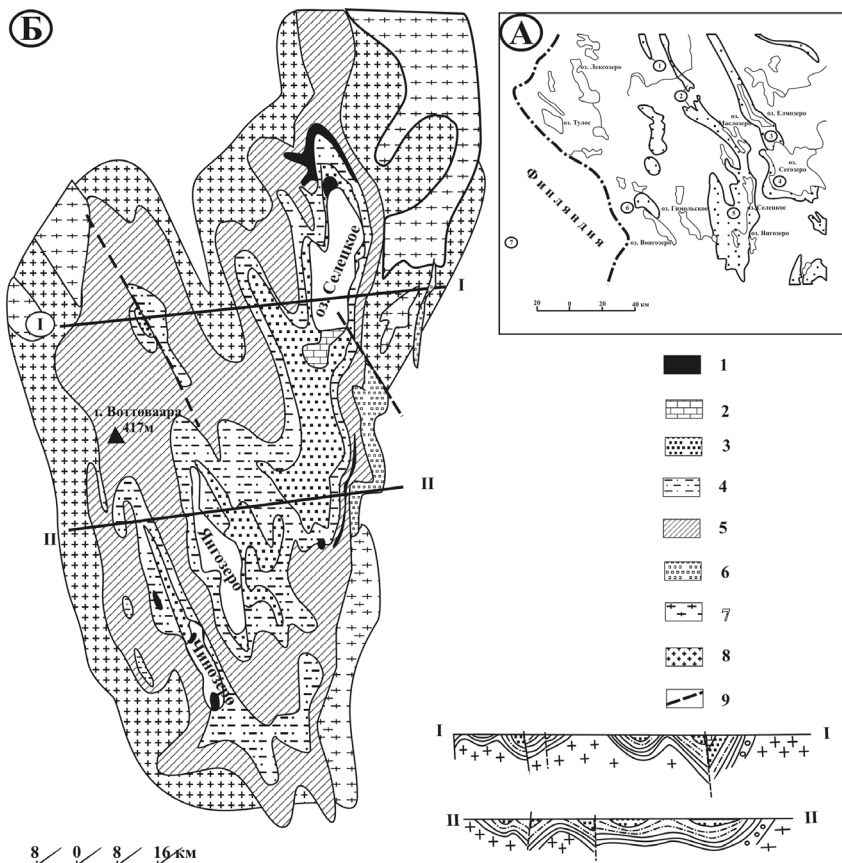


Рис. 3. Расположение Янгозерского синклиория среди главных палеопротерозойских (карельских) структур (обозначены цифрами) центральной части Карельского кратона: 1 – Тикшозерская; 2 – Маслозерская; 3 – Елмозерская; 4 – Сегозерская; 5 – Янгозерская; 6 – Лубярвская; 7 – Волломская; 8 – Пюхяселька-Коли (А) – и схема его геологического строения в районе оз. Янгозеро – г. Воттоваара – оз. Селецкое с разрезами по линиям I–I и II–II (Соколов и др., 1970):

1 – габбро-долериты; ятулий, онежский горизонт; 2 – известняки и доломиты нижнеонежского подгоризонта (on_1); сегозерский горизонт; 3 – терригенные отложения верхней осадочной толщи верхнесегозерского подгоризонта (sg_2^c); 4 – вулканогенно-осадочные отложения верхнесегозерского подгоризонта (sg_2^{a-b}); 5 – вулканогенно-осадочные отложения нижнесегозерского подгоризонта (sg_1); 6 – сариолий: конгломераты, песчаники, сланцы; 7 – лопий: филлитовые сланцы, кварциты и кварцево-серицитовые сланцы; 8 – граниты; 9 – разрывные нарушения

Литостратиграфия ятулия. В пределах Янгозерской синклинорной структуры (см. рис. 3) нижнеятулийские отложения (сегозерский горизонт ятулия) (Сацук и др., 1988) выходят на поверхность по всей его площади. Мощность осадков нижнего ятулия колеблется здесь в широких пределах, от 430–560 м в районе р. Лужмы и пос. Юккогубы до 670–700 м вблизи озер Аконъярви и Маймъярви и 1030–1200 м в районе озер Пизанец, Кукъярви и пос. Гимолы (рис. 4). Образования осадочной толщи нижнесегозерского подгоризонта перекрыты лавами основного состава, мощность которых достигает 90 м. Ятулийские породы с размывом и угловым несогласием налегают на кору химического выветривания гранитов, лопийские зеленые и кварцево-серицитовые сланцы или сариолийские образования. В разрезе осадочной толщи нижнесегозерского подгоризонта по комплексу литологических особенностей выделены четыре пачки (Соколов и др., 1970).

1. Первая (конгломерато-гравелито-песчаниковая) пачка имеет в своем составе три подпачки.

Нижняя подпачка отличается широким разнообразием вещественного и гранулометрического состава пород и их текстурных особенностей. На территории данной структуры определено три типа разреза подпачки, мощность которой варьирует от 0 (оз. Селецкое) до 440 м (оз. Пизанец) и 650 м (к востоку от пос. Гимолы).

В районе оз. Маймъярви, г. Воттоваара и далее на северо-запад к востоку от пос. Гимолы прослежен следующий разрез нижней подпачки (снизу вверх):

а) Груборитмичное переслаивание валунно-галечных кварцевых конгломератов, гравелитов и в меньшем количестве – крупно- и среднезернистых песчаников. Крупная параллельная косая слоистость. Мощность равна 150 м (район оз. Маймъярви) и 400 м (район к северо-востоку от пос. Гимолы, г. Воттоваара).

б) Кварцевые гравелиты и песчаники с мелкоритмичным строением разреза. Мощность – 50–65 м.

в) Крупно-, средне- и мелкозернистые полевошпато-кварцевые песчаники и сланцы горизонтальнослоистые, с хлорито-карбонатно-слюдистым цементом. Мощность – 140–160 м.

Средняя подпачка развита по всей площади структуры и перекрывает осадки нижней подпачки, а в районе р. Лужмы эти породы налегают непосредственно на сариолийские конгломераты и сланцы.

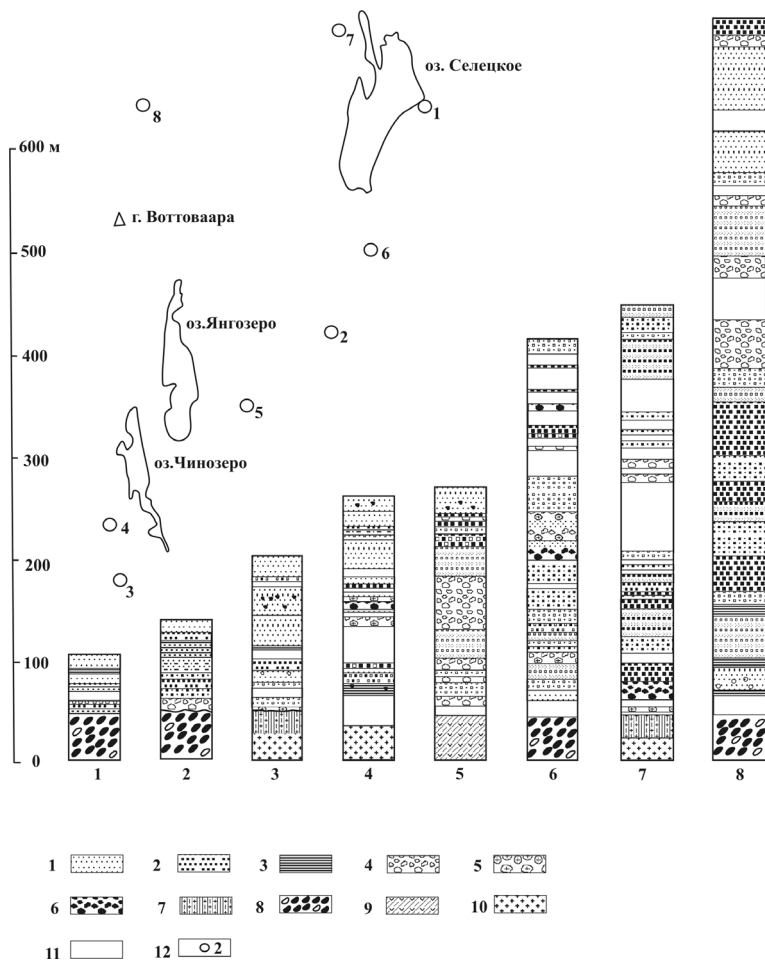


Рис. 4. Разрезы базальных образований ятулийского надгоризонта в районе оз. Янгозеро – г. Воттоваара – оз. Селецкое с линейным масштабом и их расположение на местности (Соколов, Хейсканен, 1972):

1 – песчаники, местами косослоистые; 2 – кварцевые гравелиты; 3 – мелкозернистые песчаники; 4 – конгломераты и брекчии с обломками и гальками кварца; 5 – конгломераты с обломками и гальками гранитоидов; 6 – конгломераты с обломками и гальками кристаллических сланцев; 7 – проявления коры выветривания; 8 – полимиктовые конгломераты сариолия; 9 – диабазы сумия; 10 – гранитоиды; 11 – необнаженные участки; 12 – расположение разреза на местности и его номер, который соответствует номеру колонки

Мощность осадков – от 100–110 м (район р. Лужмы) до 240 м (район оз. Пизанец).

Осадки представлены крупно-, средне- и мелкозернистыми песчаниками, горизонтальнослоистыми и, реже, косослоистыми, кварцевыми и полевошпато-кварцевыми (озера Пизанец, Маймъярви). Цемент породы кварцево-слюдистый с карбонатом.

Верхняя подпачка развита на той же территории, что и предыдущая, мощность осадков выдержана от 45–60 м (оз. Маймъярви) до 80–100 м (район оз. Аконъярви). Подпачка сложена крупно-, средне- и мелкозернистыми песчаниками и кварцито-песчаниками, горизонтальнослоистыми, с кварцево-слюдистым и кварцевым цементом. На поверхностях напластования отмечаются мелкие асимметричные знаки ряби донных течений.

2. Вторая (кварцитовая) пачка прослежена по всей территории структуры. Мощность ее колеблется от 140 м (оз. Пизанец) до 200 м (оз. Пюкс, г. Воттоваара). Осадки представлены крупно- и среднезернистыми, белыми, светло-серыми, реже с фиолетовым оттенком, кварцитами и кварцито-песчаниками, горизонтально или косослоистыми. Строение разреза нечетко ритмичное. Чистые кварциты этой пачки представляют промышленный интерес. В настоящее время эксплуатируется месторождение Метчангъярви к востоку от пос. Суккозеро (Данилевская и др., 2004).

3. Третья (гравелитовая) и четвертая (песчаниковая) пачки прослежены лишь в трех районах: озер Пюкс, Маймъярви и Пизанец. Известная мощность осадков – 25–30 м (оз. Пюкс) и до 100 м (оз. Пизанец). Породы представлены крупными и мелкими косослоистыми гравелитами, мелкогалечными кварцевыми конгломератами, крупно- и среднезернистыми кварцевыми горизонтально-слоистыми песчаниками. Породы имеют кварцево-слюдистый и слюдистый цемент.

На территории соседней Финляндии в районе горы Коли мощность ятулийского разреза достигает 2500 м (Marmo et al., 1988). В его основании здесь тоже развита хорошо сохранившаяся кора выветривания. Особенности строения разреза такие же, как в Янгозерской синклинойной структуре. Более того, здесь в кварцитах обычен кианит. Переслаивание кварцевых конгломератов, гравелитов и гематитсодержащих песчаников в основании (формация

Весиваара) сменяется выше конгломератами и зеленоватыми, серыми, розоватыми слоистыми кварцитами с мощными косослоистыми сериями (формация Коли). Выше залегают монотонные аркозы с существенно микроклиновыми конгломератами и гравелитами (формация Эро) и чистые кварциты с редкими крупными косослоистыми сериями (формация Пусо), соответствующие второй (кварцитовой) пачке в разрезе осадочной толщи нижнесегозерского подгоризонта на территории Карелии.

Тектоника. Янгозерский синклиниорий представляет собой асимметричную структуру северо-западного простирания длиной 75 км, шириной 30–35 км (Сыстра, 1991, с. 34–36). Его западное крыло, в краевой части которого находится г. Воттоваара, полого (под углом 10–20°) погружается на восток, а восточное – крутое (породы погружаются здесь под углом 40–80°), в этом крыле отмечены даже опрокинутые залегания. Структура осложнена серией наложенных складок и разломов (сбросо-сдвигов). К западу от вершины горы картируется небольшая пологая (мульдообразная) складка 3–4 порядка, в ядре которой как раз располагается небольшое озеро. Параллельно осевым поверхностям складок развивается сланцеватость и кливаж.

Главные разновидности горных пород, развитых в районе г. Воттоваара: тоналиты, гранито- и тоналито-гнейсы, кварцевые конгломераты, гравелиты, песчаники, серицитовые сланцы. Здесь установлены линзы и обособления андалузит-кварцевых пород, которые не описаны в других местах развития ятулийских образований, а среди кварцитов – кианитсодержащие разности, которые также весьма редки.

Тоналиты, граниты и их разгнейсованные разности – серые, розовато-серые среднезернистые полнокристаллические или разгнейсованные (гранито- и тоналито-гнейсы) породы кислого состава. Состоят из плагиоклаза, кварца, микроклина (для гранито-гнейсов), биотита, амфибола, эпидота, мусковита.

Кварцевые конгломераты, гравелиты, кварцито-песчаники – обломочные породы преимущественно полевошпат-серицит-кварцевого состава, светло-серого цвета с желтоватым, розоватым или голубоватым оттенком. Текстуры слабполосчатые, сланцеватые, иногда – неявно ритмично-слоистые или массивные. Наиболее

крупные кластические обломки, количество и размер которых варьирует в широких пределах, представлены молочным, дымчатым и, участками, голубым кварцем. Помимо кварцевых обломков фиксируются полевые шпаты, кианит и округлые с концентрической структурой конкреции, кирпично-красные стяжения андалузит-кварцевого состава. В песчаниках отмечаются разности с амбонидными выделениями оксидов железа.

Наиболее хорошо сохранившиеся разновидности пород по минеральному составу могут быть отнесены к полевошпат-кварцевым и субаркозовым гравелитам и конгломератам. Кластические обособления в них либо монокристаллические (кварцевые, полевошпатовые), либо представляющие собой обломки кварцевых пород. В последнем случае границы между зернами кварца внутри кластитов неровные или зубчатые. Степень окатанности зерен различна – встречаются как хорошо окатанные, так и угловатые обломки. Полевые шпаты призматические, слабоокатанные. Степень сортировки слабая. Структура пород неравномерnozернистая псефитовая, с лепидобластовой, участками, катаклазированной гранобластовой структурой цемента. Второстепенные (кианит, сфен) и акцессорные (циркон) минералы отсутствуют в относительно «свежих» породах, но появляются в перекристаллизованном цементе, что позволяет относить их к метаморфогенным. Иногда фиксируются довольно крупные (первые см в диаметре) окатанные обломки мелкозернистых (0,05–0,2 мм) кварцито-песчаников с серицитовым цементом или цементом соприкосновения.

Изучение пород под микроскопом показало, что часть из них претерпела интенсивные метаморфические, метасоматические и структурно-текстурные изменения. Эти изменения затушевывают первичные особенности вещественного состава и облика уже сформированных осадочных пород. Выражается это, в первую очередь, в широком развитии мусковита (серицита), который замещает плагиоклаз, проникает по трещинкам в кварцевые зерна и выполняет зонки сланцеватости и кливажа. В аркозовых (полевошпат-кварцевых) разновидностях гравелитов его количество может достигать 50% площади шлифа. В качестве порообразующего минерала (более 5, а иногда около 20% объема) в породах появляется кианит. Помимо этого, в гравелитах г. Воттоваара обнаружен

андалузит. Он развивается в виде крупных (до первых см) порфи-робластических зерен, иногда образующих сплошные агрегатные скопления – собственно новую крупнозернистую кварц-кианит-андалузитовую породу метасоматического генезиса. Второстепенные минералы представлены хлоритом и альбитом. Из аксессуарных минералов необходимо упомянуть циркон, турмалин, сфен, лейкоксен, гематит. Метаморфические преобразования протекали при температурах $\approx 300\text{--}400$ °С, при давлении 2–4 килобара (условия зеленосланцевой фации умеренных и низких давлений).

Указанные изменения пород определяют уникальность района г. Воттоваара как геологического объекта, поскольку здесь в значительных количествах отмечен кианит (Al_2SiO_5) – индекс-минерал, исключительно редко встречающийся в подобных комплексах, и вместе с ним – андалузит (Al_2SiO_5), в таких обстановках обнаруженный впервые на Фенноскандинавском щите.

Условия осадконакопления. Судя по литологическим признакам, нижняя часть разреза ятулия (базальные образования) формировалась в континентальных условиях. Обломочный материал переносился временными потоками, оползнями и мелкими пересыхающими реками с блуждающими руслами. Временные потоки обладали большой кинетической энергией и имели селевой характер. Огромные массы материала перемещались в виде густой взвеси с валунами размером до 0,5 м и более. Поставщиками обломочного материала служили коры выветривания и продукты вулканических извержений. В результате землетрясений и образования конседиментационных уступов возникали крупные оползни. Особенно благоприятными для разрушения и переотложения были гранитоиды с матрацевидной и шаровой отдельностью в зонах выветривания. В результате накопления такого материала сформировались мощные тела (до 400 м) конгломератов с крайне плохой сортировкой, но идеально окатанными валунами с сохранившейся корочкой выветривания.

Высокой энергией обладали реки, о чем свидетельствуют незначительное распространение среди аллювиальных отложений алевролито-глинистых осадков, высокое содержание галек, большая мощность косослоистых серий (до 1,5 м) и крутой наклон (до 45°) косой слоистости. По сумме признаков в породах первой пач-

ки в районе озер Янгозеро и Маймъярви В. З. Негруца (1966) на основании детальных исследований выделил фации речного русла, приустьевой отмели, дельты и поймы.

Осадконакопление происходило во впадине, унаследованной от сариолийского времени и носившей компенсационный характер. Впадина быстро заполнялась осадками временных потоков и рек, стекавших с юга на север. Сформировались кварцевые конгломераты и гравелиты первой пачки. Хорошо окатанные валуны и гальки конгломератов сложены чистым жильным кварцем. Мощность конгломератов и гравелитов достигает 400 м. Кварциты второй пачки имеют кварцевый регенерационный и поровый цемент. Содержание кремнезема в них доходит до 99,5%. Мономинеральный состав кварцитов объясняется участием ветрового удаления глинистых частиц при их образовании. На эоловый характер транспортировки песка указывают крупномасштабная косая слоистость и наличие выдержанного слоя со скаполитовыми конкрециями, вероятно связанными с эвапоритовой концентрацией галита из грунтовых вод раннего ятулия (Хейсканен, Голубев, 1999). Существование впадины завершилось кратковременным периодом осадконакопления в спокойных мелководно-озерных условиях: в изолированном озере в районе оз. Маймъярви накапливались пестроцветные карбонатные песчаники, доломиты и алевролиты с трещинами усыхания. Затем, с севера, наступила крупная трансгрессия, охватившая большую часть центральной и всю северную Карелию.

Заключение. Г. Воттоваара находится в западном борту Янгозерского синклинория – одного из крупнейших в центральной Карелии. Синклинорий сложен палеопротерозойскими образованиями ятулийского надгоризонта. Они представлены слабометаморфизованными осадочными породами, главным образом, кварцевыми конгломератами, кварцито-песчаниками, в том числе серицитовыми, с прослоями аркозов, глинистых сланцев. Мощность толщи оценивается в 800–1300 м. Эти породы образовались в континентальном водном бассейне около 2300 млн лет назад. Ятулийские породы рассматриваемого района являются типичными для Фенноскандинавского щита. У подножия западного склона горы в основании ятулия можно наблюдать кору выветривания на архейских гранитоидах.

На горе среди кварцитов установлены обособления и линзовидные тела (прослои) глиноземистых (андалузитовых) сланцев, кроме того, среди кварцитов обычны кианитсодержащие разности. Последние, как и андалузитсодержащие, не встречены в других районах распространения ятулия. Лишь в районе Коли (Финляндия) в аналогичных кварцитах описан кианит.

Рассматриваемая территория не является уникальной по составу и разнообразию слагающих ее коренных пород, особенностям их залегания. Сходные геологические образования имеются в составе группы геологических памятников, например, в районе пос. Гирвас, а также Коли (Финляндия). Исключение составляют андалузит-кварцевые породы, ранее не описанные среди ятулийских образований региона и представляющие большой научный интерес.

2.2. Четвертичные отложения и геоморфологические особенности

Самая высокая вершина Западно-Карельской возвышенности – г. Воттоваара (абс. отм. 417,2 м) – представляет собой кряж, вытянутый в субмеридиональном направлении приблизительно на 7 км, сложенный ятулийскими кварцитами и кварцито-песчаниками, разбитый многочисленными разломами, возможно обновленными в послеледниковое время. Рельеф денудационной поверхности чрезвычайно расчлененный, вершинные поверхности сглажены экзарацией, относительные превышения над окружающей местностью достигают 157 м.

В ходе неоднократных оледенений четвертичного периода поверхность кристаллических пород подвергалась значительным преобразованиям. Вероятно, наиболее ярко здесь проявляются следы деятельности последнего валдайского (осташковского) оледенения. На данной территории широко распространены экзарационные формы: бараньи лбы, ледниковые борозды, рывины и шрамы. На отполированных поверхностях фундамента они имеют ориентировку ЮВ 125°, в то время как сам кряж вытянут в субмеридиональном направлении. Гора Воттоваара является одной из территорий, где запечатлены катастрофические геологические события,

происходившие здесь на границе плейстоцена и голоцена при деградации и таянии последнего ледникового покрова.

Ледниковые отложения представлены песчаной завалуненной мореной, которая прерывистым чехлом покрывает приподнятые и разбитые разломами кристаллические блоки ятулийского фундамента. Мощность ее в понижениях достигает 1,5 м, вершина горы практически лишена четвертичного покрова и покрыта лишь тонким слоем лесной подстилки, а местами только мхами и лишайниками. Гора является крупным выступом кристаллического фундамента, поэтому здесь наиболее сильно проявились процессы ледниковой эрозии, способствовавшей обогащению ледника различными по размерам обломками местных кварцитов и кварцито-песчаников. Несмотря на относительно высокую прочность, именно трещиноватость пород стала причиной насыщения ледника разнообразными обломками. Значительное их скопление на отполированных поверхностях позволяет утверждать, что вся гора была перекрыта тонким чехлом рыхлых отложений (морены). Они впоследствии были смыты и эродированы в понижения рельефа, а валуны и глыбы, спроектированные на поверхность после таяния ледника и из-за своих огромных размеров не поддающиеся действию потоков воды, остались лежать на поверхности фундамента. Весь рыхлый материал удален из-под валунов водой, а небольшие по размерам обломки, прижатые массой глыб, создают впечатление, будто сами глыбы были кем-то на них поставлены. В настоящее время некоторыми исследователями они принимаются за сейды. Иногда «сейдообразные», якобы упорядоченные скопления валунов на склонах имеют форму мелких лопастей-вееров, что может свидетельствовать лишь о механизме таяния мореносодержащего льда и растекании потоков воды с более возвышенных участков в понижения. Аккумуляция сильнозавалуненных локальных морен незначительной мощности происходила лишь в наиболее пониженных участках (с абсолютными отметками поверхности менее 300 м).

Водно-ледниковые отложения наблюдаются у подножий горы, вдоль северного и восточного склонов и представлены отмытыми и сортированными песчано-гравийно-галечными осадками, типичными отложениями дельт и озов. Скорее всего,

они приурочены к оконтуривающим массив разломам, имеющим северо-западное или субмеридиональное простирание. Дорога, ведущая к вершине горы вдоль восточного ее склона, частично проходит по озовой гряде, высотой до 30 м, местами раздваивающейся. Понижения между грядами заняты гляциокарстовыми воронками. Вдоль озера встречаются вытянутые узкие озера.

Биогенные болотные отложения занимают очень небольшие площади. Мощность торфа в заболоченных пространствах, заполняющих понижения в рельефе кристаллического фундамента, не превышает 3 м. В отдельных наиболее опущенных блоках в центре понижений находятся небольшие озера. В пределах массива можно выделить несколько таких водоемов площадью от 0,5 га и менее с заболоченными берегами. Донные отложения, вскрытые скважинами в двух водоемах, представлены алевритами, залегающими на кристаллическом фундаменте, сапропелями, вверх по разрезу переходящими в торф.

История геологического развития. В ней можно выделить дочетвертичный этап, когда был сформирован приподнятый блок, раздробленный многочисленными трещинами и разломами, ледниковый и послеледниковый. Модель развития геологических процессов и растительности в ходе освобождения территории от материкового льда и изменений климата в конце плейстоцена – голоцене может быть представлена по данным изучения донных отложений небольшого озера. Оно расположено в сейсмогенной котловине вблизи вершины горы.

Комплексные геолого-палеоэкологические исследования (спорово-пыльцевой, диатомовой анализы и радиоуглеродная датировка) позволяют выделить с 24 000 до 11 000 л. н. **подледниковый этап.** В это время происходило формирование грубообломочных морен, движение льда сопровождалось ледниковой полировкой поверхности кристаллического фундамента, образованием ледниковых шрамов (Демидов, 1997; Демидов и др., 1998). В период последнего оледенения кряж Воттоваара входил в состав ледораздельной зоны между Онежским и Ладожским ледниковыми потоками. Учитывая его большую приподнятость, можно утверждать, что на заключительных этапах дегляциации он служил препятст-

нием для продвижения ледника и вершина его оставалась нунатаком. Это скальный остров, обтекаемый ледником мощностью несколько десятков метров. Около 11 000 л. н. вершина горы освобождается от материкового льда, приблизительно 10 800 л. н. край ледникового покрова находится примерно в 40 км к СЗ от горы у краевых морен стадии сальпаусселькя I. Начинается **приледниковый этап** развития и становления окружающей среды в пределах данной территории. В озере, на вершине горы в условиях арктической тундры накапливаются серые алевриты небольшой мощности, указывая на чрезвычайно низкую скорость осадконакопления, связанную с маломощностью подвергающейся эрозии морены. Изучение состава пыльцы и спор выявило перигляциальный характер палинологических спектров, свидетельствующих об очень холодной климатической обстановке, определяющейся близостью отступающего ледникового края. Около 10 200 (С¹⁴) л. н. гора полностью освобождается от материкового льда, так как в это время краевые образования стадии сальпаусселькя II находятся в 70 км к СЗ от нее. Начинается **послеледниковый этап** развития территории. Сценарий развития растительности был следующим. Первыми осваивали освободившееся пространство лишайники и печеночники, создавая условия для проникновения других видов. Постепенно состав группировок усложнялся, но практически безраздельно господствовали различные виды польни, все же остальные растения имели подчиненное значение. Тем не менее необходимо отметить в составе сообществ участие маревых – как ксерофитов, так и мезофитов, представителей агрегаций на несформированных почвах и предпочитающих щебнисто-каменистые грунты. Кроме маревых, на щебнистых грунтах встречались *Helianthemum*, *Saxifraga*, *Brassicaceae*, *Dryas octopetala*, *Thalictrum alpinum*, *Botrychium boreale*, *Diphasiastrum alpinum*, *Cichoriaceae*, *Apiaceae*. На каменистых грунтах в довольно влажных местообитаниях, защищенных от ветров, с экологическим режимом, связанным с поздним сходом снега, обитали *Ranunculus* (*R. nivalis?*), *Oxyria diguna*, *Polygonum bistorta*, *Pedicularis*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Salix* (*S. herbacea*) (Лаврова, Демидов, 1997). Несмотря на то, что в палинологических спектрах встречается пыльца древесных, без сомнения, она является заносной. Наибольшего верхнего предела рас-

пространения древесных пород, вероятно, достигала *Betula czerapanovii*. Таким образом, на вершине горы и ее склонах были распространены несомкнутые перигляциальные палеосообщества, характерные для позднего дриаса. Холодные климатические условия этого времени подтверждает и состав диатомовых комплексов, выявленный в отложениях (Шелехова, 1999). Он представлен очень мелкими арктобореальными формами, населяющими водоемы после отступления ледника. На вершине горы господствуют процессы морозного выветривания. Незакрепленность грунтов способствовала сносу в водоем алевро-глинистого материала, выщелачиванию свежотложенной морены.

Пребореальное время отражено в донных отложениях водоема накоплением серых глинистых алевритов с растительными остатками. Спорово-пыльцевые спектры этих отложений позволяют утверждать о значительном сокращении площадей, занятых полынно-маревыми сообществами и представителями группировок на щебнистых грунтах, а также о начале распространения древесных редкостойных сообществ из *Betula czerapanovii*, *B. pubescens*. Диатомовый анализ отложений, соответствующих пребореальному времени, свидетельствует об изменениях в структуре диатомовых сообществ, указывает на потепление климата и увеличение численности диатомовых и видового разнообразия. До границы пребореала и бореала развитие диатомовой флоры и смена растительных группировок происходили постепенно, без резких изменений, а накопление отложений было хоть и медленным, но непрерывным. Достаточно резкий контакт алевритов и сапропелей, быстрая смена условий среды, данные диатомового и спорово-пыльцевого анализов говорят о вероятном перерыве в осадконакоплении в конце пребореального периода. Все это в совокупности позволяет предположить, что прекращение накопления отложений в озере связано с быстрым спуском воды и изменением котловины. Радиоуглеродный анализ сапропелей, накапливающихся в водоеме после перерыва, показал, что они начали отлагаться в бореале (8920 ± 60 л. н., SU-2824). Именно факт перерыва осадконакопления в водоеме, наличие многочисленных следов сейсмодислокаций позволяют предположить, что их происхождение связано с сильным земле-

трясением. Оно, возможно, произошло в конце пребореала – начале бореального периода. Одной из причин землетрясения могли быть последствия деградации поздневалдайского оледенения, быстрое снятие ледниковой нагрузки, способствовавшее обновлению разломов древнего заложения разных рангов. Не вызывает сомнений *последледниковое время образования палеосейсмодислокаций*. Для этого существует достаточно большое количество доказательств, среди которых можно с уверенностью назвать следующие. На поверхности разных склонов горы наблюдаются нарушения в виде отвесных стенок со свежими неровными поверхностями, следами дробления пород и отрыва отдельных блоков массивной породы (рис. 5). О быстрых импульсных процессах рельефообразования могут свидетельствовать: 1) многочисленные расчлененные блоки, смещенные относительно друг друга; 2) отброшенные и сдвинутые блоки пород; 3) наличие сейсмогравитационных обвалов, отличительной особенностью которых являются глыбы, одинаковые по степени выветрелости или зарастания лишайниками; выколы – блоки породы, выброшенные из стенки уступа с образованием ниши, расщелины; зияющие трещины растяжения в фундаменте; раздробленность бараньих лбов, на которых обработанную ледником поверхность нарушают свежие трещины; «свежие» сбросовые уступы; трещины, проходящие по днищу болота; наконец – сейсмогенный провал с озером в центре.

Сейсмодеформация на вершине горы представляет собой типичный пример деформации встряхивания – провал размером 300×300 м и глубиной до 6 м.

За пределами провала ятулийские кварциты массивные, внутри его они расчленены на многочисленные блоки, смещенные относительно друг друга по высоте и латерали. Кроме этого, за пределами деформации ледниковые шрамы ориентированы в одном направлении на ЮВ-120, типичном для этой части региона. В провале ориентировка ледниковых шрамов отличается от обычной на $30\text{--}40^\circ$, что свидетельствует о нарушении поверхности ледниковой полировки. Нижний порог интенсивности, при котором возникают деформации встряхивания, составляет не менее 6–7 баллов (по шкале MSK-64) (Никонов, 1995).

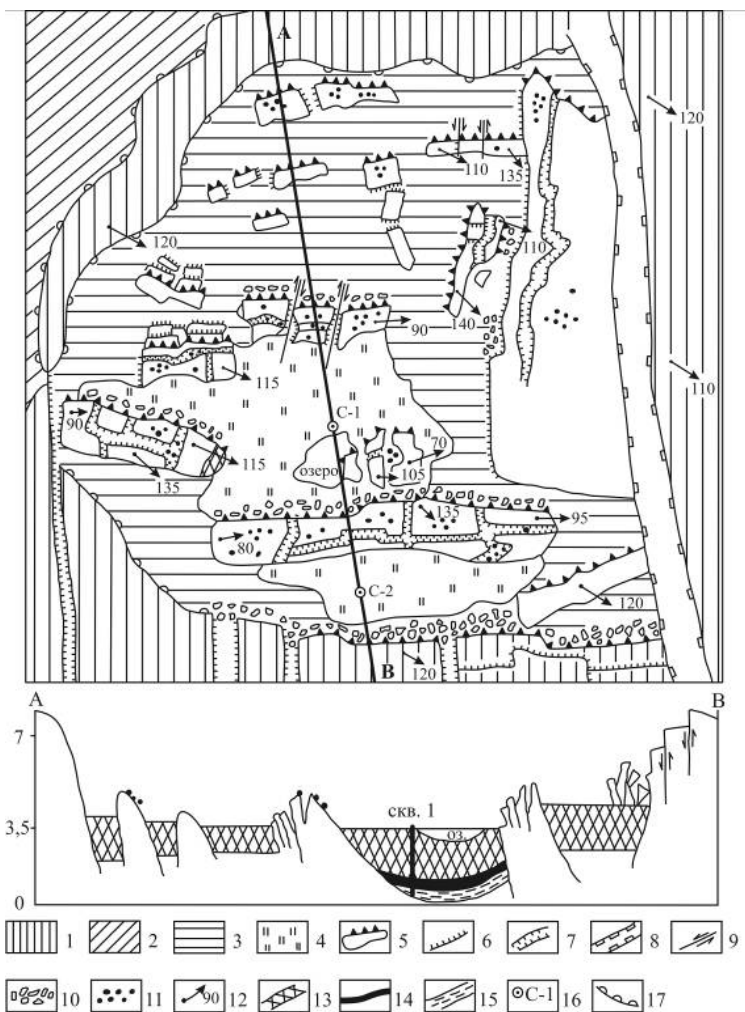


Рис. 5. Схема строения палеосейсмодислокаций послеледникового возраста г. Воттоваара (по: Лукашов, 2004):

1 – вершинные поверхности массивных гряд, 2 – склоны массивных гряд, 3 – заболоченная низина, 4 – болото, 5 – куэсты, 6 – уступы, 7 – трещины растяжения, 8 – приразломная долина, 9 – надвиги, 10 – сейсмогравитационные обвалы, 11 – валуны на поверхности коренных пород, 12 – направление ледниковых шрамов, 13 – торф, 14 – сапрпель, 15 – алевроит, 16 – местоположение скважины, 17 – граница сеймопрвала

Подтверждением того, что сейсмодеформации в пределах края Воттоваара могли произойти на границе пребореала – бореала, является наличие подобных форм в этой же сейсмогенной структуре в 26 км к СВ от г. Воттоваара в оз. Пизанец (Лукашов, 2004). Здесь в приразломной котловине озера сейсмогравитационные обвалы шириной до 150 м залегают на отложениях флювиогляциальной дельты и оза, явно указывая на послеледниковое время их образования. Полученная в этом районе радиоуглеродная датировка образования вышележащих сапропелей также близка к воттоваарской и составляет 8500 ± 150 лет (ТА-1742). Таким образом, близкий возраст деформаций Воттоваара и Пизанец, приуроченных к одной сейсмогенной структуре, может служить доказательством одновременности их образования.

В результате землетрясения мог произойти спуск воды из озера, в дальнейшем заполнение его водой и накопление отложений продолжились в конце бореального времени.

В бореальное время в исследуемом водоеме начали накапливаться грубодетритовые сапропели, характерные для мелководных водоемов. По спорово-пыльцевым спектрам этих отложений можно отметить существенные изменения в растительном покрове. Наряду с березовыми лесами в это время на склонах произрастали сосновые зеленомошные и крупнотравные леса с участием ольхи. На вершине горы растительность оставалась несомкнутой. Состав диатомовой флоры указывает на существование мелкого водоема, питание которого осуществлялось за счет атмосферных осадков. В условиях низкой минерализации воды развивались арктобореальные виды, приспособляющиеся к кислым условиям среды. Это говорит о том, что узкие прибрежные и наиболее пониженные участки начали заболачиваться. Эти процессы усилились в атлантическое время, когда произошло потепление климата. В это время в пределах горы господствуют среднетаежные сосновые и березово-сосновые леса с участием ольхи. В атлантическое время в составе лесов у подножий горы появляется ель, которая произрастает на защищенных от ветра склонах и более низких отметках в понижениях рельефа с незначительным покровом рыхлых отложений.

Заключение. В настоящее время г. Воттоваара рекламируется многочисленными туристами в качестве «карельского Стоунхенд-

жа), «места с мегалитическими сооружениями древних саамов – сейдами», «памятника истории и культуры» и т. д. Несомненно, эта территория с эстетической и познавательной точки зрения является весьма привлекательной, но порой ей приписывают некие «чудодейственные» характеристики. Те объекты на вершине горы, которые нам удалось обследовать, с нашей точки зрения являются природными сооружениями, сформировавшимися в результате экзарационной деятельности в большей степени последнего оледенения, процессов эрозии и морозного выветривания, палеосейсмо-тектоники. Так называемые «сейды» в большинстве своем таковыми не являются. Валуны и глыбы вытаяли из основной морены и оказались «поставленными на ножки» в результате выноса из-под них рыхлого материала водой, выдувания ветром. Впрочем, многие лежат просто на поверхности фундамента.

Палеосейсмодислокации на вершине горы, а возможно и на склонах, требуют дальнейшего изучения специалистами по неотектонике. Получить более точные временные интервалы их образования на данный момент не представляется возможным. Явным свидетельством палеосейсмодислокаций может быть причинен серьезный ущерб в случае создания на данной территории карьера по разработке блоков природного камня или производства щебня. Посещающие гору туристы могут лишь частично изменить положение поддающихся перемещению валунов, но они не в силах изменить основные черты явных палеодислокаций. Поэтому в зависимости от статуса, придаваемого объекту, необходимы соответствующие требования по его охране.

Гора несомненно является весьма привлекательным объектом для туристов и ученых – специалистов по изучению локальных палеосейсмодислокаций послеледникового возраста. Она также может рассматриваться как геологический памятник, где отчетливо прослеживаются процессы формирования ледникового рельефа на крупных приподнятых выступах кристаллического фундамента с маломощным моренным чехлом. Здесь преобладали процессы водной и ледниковой эрозии, морозного выветривания, создавая неповторимый ландшафт с большим количеством хаотически разбросанных валунов и глыб огромных размеров, вытаявших из основной морены и спроектированных на поверхность фундамента. Она

может рассматриваться в качестве модельной территории, на которой представлены природные объекты, очень похожие на «сейды». Изучая механизм их формирования, можно научиться отличать данные объекты от археологических.

2.3. Гидрографические особенности

В гидрографическом отношении г. Воттоваара расположена на основном карельском водоразделе – Беломорско-Балтийском, который одновременно является одним из главных водоразделов мира и разграничивает водосборы Северного Ледовитого и Атлантического океанов (рис. 6)*. Однако большая часть ее площади относится к бассейну Балтийского моря (Онежского озера). Гидрографическая сеть рассматриваемого района состоит из нескольких очень малых озер с площадью зеркала до 1 км² (чаще гораздо меньше), расположенных в тектонических нарушениях на вершине и склонах горы. По восточному склону протекает р. Тяжа, с западного берет начало река без названия. Обе они являются левыми притоками озерно-речной системы Вотто (левый приток озерно-речной системы Суны, см. рис. 6).

В гидрологическом отношении упомянутые водные объекты практически не изучены.

Водоемы, расположенные на горе, представляют собой очень специфические водные объекты. Основные их особенности – очень маленькие площади бассейнов и низкие показатели удельного водосбора. В некоторых случаях водоразделы проходят почти по береговой линии озер. В результате в приходной части их водного баланса преобладает атмосферное питание. Поверхностный приток практически отсутствует. Из 550–600 мм осадков, выпадающих в этом районе в среднем за год, на испарение расходуется не более 50–60%. Остальной объем аккумулируется в озерах. В расходной части водного баланса превалирует подземный отток (за исключением оз. Кейвотто – истока р. Тяжи).

* Авторы выражают благодарность сотруднику Института водных проблем Севера КарНЦ РАН М. С. Богдановой за помощь в подготовке картографических материалов.

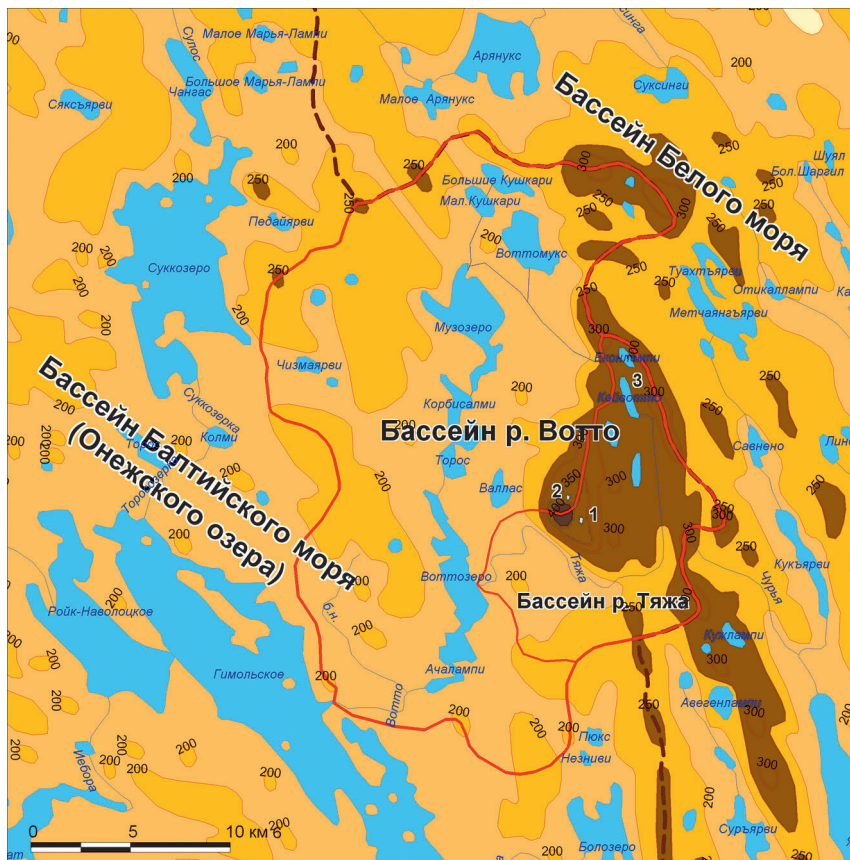


Рис. 6. Гидрографическая структура района исследований и схема станций отбора гидрохимических проб (1–3)

Как следствие этого водоемы, расположенные на г. Воттоваара, характеризуются весьма специфическим химическим составом воды, обусловленным особенностями их гидрологического режима и распространением на их водосборах слабовыщелачиваемых кристаллических пород.

Отбор гидрохимических проб на двух верхних озерах (№ 1 и № 2) и одном нижнем (№ 3) (см. рис. 6) был осуществлен в августе 2003 г. с поверхностного горизонта. В пробах воды определялись основные показатели ее качества (ионный состав, косвенные показатели содержания органического вещества (ОВ), биогенные элементы, Fe, Mn, Si и pH).

Минерализация воды озер весьма низкая ($\Sigma_{\text{и}}$ 4,1–4,5 мг/л). В ионном составе воды преобладают ионы Na, Ca и сульфаты (табл. 1). Учитывая кислый характер воды (pH 4,1–4,5) и особенности ее ионного состава, следует отметить, что вода озер имеет чисто атмосферный генезис.

Фактически все параметры, за исключением содержания Na^+ , соответствуют удвоенной концентрации, наблюдаемой в атмосферных осадках (Лозовик, Потапова, 2006). Увеличение концентрации связано с испарением воды с поверхности озер. Как уже указывалось, в среднем для этого района годовые осадки составляют около 600 мм, а испарение – 300 мм. Отсюда – двукратное увеличение концентрации ионов. Выщелачивание силикатных глинистых пород приводит к увеличению содержания Na^+ и повышению величины pH в воде озер. Доказательством этому служат более высокие концентрации Si в озерах (0,2–1,1), чем в атмосферных осадках (<0,03 мг/л).

Таблица 1

Минерализация, pH, взвешенное вещество и ионный состав

Объект (здесь и далее № по рис. 6)	$\Sigma_{\text{и}}$		pH	Взвешенное вещество, мг/л	%–эквивалент
	мг/л	ммоль–экв./л			
Озеро № 1	4,5	0,01	4,9	0,6	<u>Ca 35 Na 31 Mg 16 H 14 K 3</u> SO ₄ 66 Cl 34
Озеро № 2	4,1	0,07	4,9	0,4	<u>Na 34 Ca 30 H 19 Mg 12 K 4</u> SO ₄ 72 Cl 28
Озеро № 3	4,4	0,08	5,7	1,1	<u>Na 35 Ca 33 Mg 21 K 8 H 3</u> SO ₄ 52 Cl 28 A _{орг} 15 HCO ₃ 5

По содержанию ОВ верхние озера относятся к ультраолигогумусным, а нижнее – к мезогумусному типу (табл. 2). Последнее озеро выделяется более высоким содержанием ОВ по сравнению с первыми, что связано с влиянием болот, примыкающих к озеру. По этой причине в нижнем озере повышено содержание $Fe_{\text{общ}}$ (0,12 мг/л).

Таблица 2

Органическое вещество, литофильные элементы и фториды

Объект	Цветность, град.	ПО, мг О/л	$Fe_{\text{общ}}$	Mn	Si	F
			м/л			
Озеро № 1	19	2,1	0,02	0,01	0,39	0,01
Озеро № 2	19	2,4	0,04	<0,01	0,24	0,01
Озеро № 3	117	10,3	0,12	0,01	1,08	0,01

Все озера характеризуются очень низким содержанием биогенных элементов (табл. 3). Концентрации $P_{\text{общ}}$ соответствуют уровню низкопродуктивных водоемов. С учетом реакции среды при $pH < 5$ их обычно относят к ацидодистрофным, а при $pH 5-6$ – к ацидотрофным (Баранов, 1962). Содержание общего азота весьма низкое и близко к содержанию в атмосферных осадках. Единственное отличие от последних – переход минеральных форм азота в органическую за счет протекания внутриводоемных процессов.

Таблица 3

Биогенные элементы, мг/л

Объект	$P_{\text{общ}}$	$P_{\text{мин}}$	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{орг}	N _{общ}
Озеро № 1	0,005	0,001	0,01	<0,01	0,22	0,23
Озеро № 2	0,006	0,001	0,02	<0,01	0,28	0,30
Озеро № 3	0,010	<0,001	0,01	<0,01	0,34	0,35

Верхние озера характеризуются кислой реакцией среды ($pH 4,9$), а нижнее – слабокислой ($pH 5,7$). В первом случае это обусловлено наличием сильных кислот, а во втором – гумусовых, что согласуется с ионным составом и гумусностью воды.

Заключение. В целом исследованные верхние водоемы можно характеризовать как ультраолигогумусные кислые ацидодистрофные, а нижнее – мезогумусное слабокислое ацидотрофное. Особенности состава вод озер обусловлены малым удельным водосбором,

наличием слабовыщелачиваемых кристаллических пород и преобладанием атмосферного питания. Эти водоемы могут быть очень хорошим объектом для мониторинга химических выпадений с атмосферными осадками в западной Карелии. Их включение в состав памятника природы является вполне обоснованным.

2.4. Почвенный покров

Гора Воттоваара и ее окрестности отличаются преобладанием кислых коренных пород и небольшого по мощности плаща четвертичных отложений. На вершине горы рыхлые отложения практически полностью отсутствуют. Это обусловило формирование почвенного покрова, характерного для скальных местоположений. На вершине и верхней части склонов горы на выходах коренных пород развиваются примитивные почвы. В средней части склонов в расщелинах, где есть четвертичные отложения и накапливается элювий пород, формируются маломощные подзолы и торфяно-глеевые почвы. У подножия, где отмечаются большие по мощности четвертичные отложения, сформировались подзолы иллювиально-железистые, гумусово-железистые и железисто-гумусовые, а также торфяные и торфяно-глеевые почвы.

Необходимо отметить чрезвычайно большую пестроту почвенного покрова описываемой территории. Это обусловлено прежде всего высокой вариабельностью элементов микро- и нанорельефа, а также изменением характера материнских пород, гидрологических условий и типов растительных ассоциаций.

На выходах коренных пород с появлением лишайников начинается накопление органического вещества, ускоряется физическое и химическое выветривание кристаллических пород. В целом это первые стадии почвообразования. В результате этих процессов формируются корковые примитивные почвы. Они имеют только один горизонт АВ и представляют собой органическую корочку с небольшим количеством мелкозема на поверхности скал или валунов.

На следующих стадиях почвообразования формируются органические примитивные почвы. Для них характерен морфологический профиль О-М (лесная подстилка залегает на скальном основании). По сравнению с корковыми почвами здесь накапливается

несколько большее количество органического вещества и, соответственно, почвенный профиль имеет немного большую мощность. По характеру органогенного горизонта их можно разделить на грубогумусные (на скальных участках) и торфянистые (в расщелинах и западинах). Чем глубже понижение, тем больше мощность органогенного горизонта, в нижних слоях которого вследствие минерализации растительных остатков и увеличения содержания минеральных частиц содержание органического вещества снижается.

При появлении в результате разрушения коренных пород некоторого количества мелкозема формируются щебнистые примитивные почвы, в профиле которых уже можно выделить минеральный щебнистый горизонт. Соответственно морфологическое строение таких почв уже более сложное – О-АВ-М. Однако мощность грубого хрящеватого элювия не превышает 8–10 см, а содержание мелкозема в нем составляет всего 10–24%.

Все примитивные почвы горы обладают очень низкими лесорастительными свойствами (табл. 4). Нередко на скальных местоположениях эти почвы образуют несомкнутый почвенный покров. Прошедший в 2006 г. пожар в верхней части горы еще более усилил фрагментарность почвенного покрова.

Таблица 4

Химические показатели примитивных почв

Горизонт	Глубина	pH _{KCl}	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			%			мг/100 г почвы	
Примитивная корковая							
ABC	0–2(3)	3,1	10,8	0,61	17,7	8,6	18,3
Примитивная грубогумусная							
О	0–3	3,3	44,8	1,8	24,9	184,5	12,3
ABC	3–9	3,3	4,7	0,7	6,7	56,3	10,1
Примитивная торфянистая							
АТ	0–3	4,4	32,6	1,23	26,5	12,4	97,1
Т1	3–5	4,2	27,9	1,14	24,5	5,2	68,3
Т2	5–10	4,1	15,2	1,01	15,0	5,9	42,7

В нижней части склонов и у подножия горы почвообразование идет по подзолистому, болотно-подзолистому и болотному типам. Это связано с особенностями почвообразующих пород (бедностью

их химического состава и устойчивостью к выветриванию), специфичностью опада хвойных древостоев, а также с климатическими характеристиками территории. В результате на автоморфных позициях развиваются подзолы, но так как мощность рыхлого щебнистого минерального материала невелика, эти почвы классифицируются как неполноразвитые щебнистые (O-E/EB-BC-D). На участках, где плащ четвертичных отложений имеет большую мощность, формируются подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусово-железистые (O-E-Bf/Bhf-B2-BC-C).

На полугидроморфных и гидроморфных позициях распространены торфяные и торфяно-глеевые почвы, но их можно встретить и в разломах в верхней части склонов. Среди торфяных почв в значительной степени преобладают олиготрофные. Торфяно-глеевые почвы имеют морфологический профиль – OT-T1-T2-G и мощность органогенного слоя до 30–50 см. Верхний горизонт составляет очес сфагновых мхов с кустарничками. Нижележащие горизонты T1 и T2 разделяются по степени разложения торфа – к низу трансформация растительных остатков возрастает. Глеевый горизонт G обычно имеет сизую окраску, но в верхней части может быть более темным от смытого гумуса.

Торфяные олиготрофные (верховые) почвы имеют большую мощность – >50 см. Профиль почвы подразделяется на горизонты также по степени трансформации растительных остатков – OT-T1-T2. Эти почвы, как и торфяно-глеевые, обычно насыщены водой и характеризуются высокой кислотностью и бедностью элементами питания. Процессы превращения и минерализации органического вещества в них заторможены, поэтому несмотря на высокое содержание углерода, они малопродуктивны и отличаются крайне низкими лесорастительными свойствами.

В целом набор почв, формирующихся в данных условиях, очень ограничен. Это примитивные почвы на различных стадиях почвообразования, щебнистые подзолы в верхней части горы и полнопрофильные, но с малым содержанием органического вещества подзолы у подножия. В понижениях – олиготрофные торфяные и торфяно-глеевые почвы. Плодородие всех этих почв, а соответственно, и лесорастительные свойства крайне низки, исключение составляют лишь подзолы иллювиально-гумусово-железистые и

иллювиально-железисто-гумусовые у подножия, где произрастают ельники. Все почвы на данной территории, как правило, маломощные, что связано с условиями почвообразования.

Заключение. Хотя исследованная территория не является уникальной по набору распространенных здесь почв и характеру почвенного покрова, она может быть модельной для изучения формирования типичных для Карелии почв. При нарушении природных условий почвенный покров горы очень быстро деградирует, поэтому присвоение ей статуса охраняемого объекта представляется необходимым и своевременным.