

УДК 630*907.24+630*116.1+712.23(470.6)

РОЛЬ ЛЕСА В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

А. П. Казанкин

Кавказское горное общество

357501, Ставропольский край, Пятигорск, ул. Братьев Бернардацци, 2

E-mail: kazankin@list.ru

Поступила в редакцию 17.11.2020 г.

Созданные лесные насаждения на площади 9424 га в области питания минеральных источников и вокруг городов-курортов Кавказских Минеральных Вод исключили на этой территории загрязнение подземных и поверхностных вод удобрениями, создали условия для роста съедобных грибов, перевода поверхностного стока во внутрипочвенный, предотвратили дефляцию почв. Почвенный раствор из лесных почв г. Машук, достигая горячей минеральной воды, усиливает образование сероводорода в 6 раз. Насаждения создали условия для аккумуляции железа, необходимого при образовании лечебной грязи – гидротроилита и миграции его в оз. Тамбукан. Для нормализации природных условий формирования целебных вод необходимо восстановить и сохранить коренные типы растительности. Установлено, что былые и сохранившиеся леса произрастали и произрастают на склонах гидрографической сети. Уничтоженные леса обусловили образование на склонах опасных геологических процессов и снизили водопроницаемость почв в области питания титонского яруса. Охране подлежат коренные субальпийские луга, которые покрывали и покрывают водораздельные платообразные поверхности в верховьях рек Березовая, Аликоновка и Джинальского хребта. Барьером широколиственных пород является Пастбищный хребет, а верхняя климатическая граница дуба *Quercus L.* не превышает 940 м. К югу от хребта естественно произрастают сосново-мелколиственные леса. Для нормализации условий питания титонского яруса необходимо восстановить созданные и уничтоженные насаждения на южном склоне Кабардинского хребта. Здесь же поток (дренирующий подземные воды титона и валанжина) необходимо направить за пределы локального подземного водосбора по одной из созданных ранее террас для инфильтрации воды породами титона. Отсутствие леса на трех горах-диапирах объясняется слабо выраженными магматогенными складками и другими формами рельефа, а также фитоценотической замкнутостью луговой и степной растительности.

Ключевые слова: *лесные насаждения, подземные воды, почвенный раствор, климатические условия, верхняя граница леса, горы-диапиры, магматогенные складки, фитоценотическая замкнутость.*

DOI: 10.15372/SJFS20210210

ВВЕДЕНИЕ

Сведения о Кавказских Минеральных Водах (КМВ) уходят в глубь веков. Арабский путешественник Ибн Баттута в середине XIV в. пишет о горячем минеральном источнике в районе современного Пятигорска. Первые государственные указания по разведке минеральных вод и их эксплуатации с лечебными целями даны Петром I. По его поручению придворный врач Г. Шубер провел изыскания и обнаружил на Северном Кавказе источники термальных минеральных вод. Согласно указу императора Александра I

от 24 апреля 1803 г. Кавказским Минеральным Водам придавался статус государственного значения. С 80-х гг. XIX в. правительство начинает выкупать курорты, а в 1883 г. прекращена аренда Кавказских Минеральных Вод (Курорты..., 1983). Рост популярности лечения целебными водами и грязями на КМВ и развитие курортов обусловили возрастание численности людей, поправляющих свое здоровье, тыс. чел.: в 1850 г. – 0.643; в 1913 г. – 38; в 1925 г. – 44.43; в 1975 г. – 620; к концу 80-х – началу 90-х гг. XX в. – 750–800 (Щербаков, 2003). За период советской власти получили развитие строитель-

ство санаториев и гидрогеологические исследования. В результате на КМВ насчитывается порядка 40 разновидностей бальнеологических и питьевых лечебных вод с общим эксплуатационным запасом 15.8 тыс. м³ в сутки (Щербаков, 2003). Температура этих вод, по И. Я. Пантелееву (1972б), колеблется от 12–15 °С (Кисловодск) до 16–70 °С (Пятигорск, Железноводск). Большое оз. Тамбукан с целебными грязью и рапой расположено в 12 км юго-восточнее Пятигорска. Грязь добывается с 1886 г. (Щербаков, 2008).

Минеральные воды формируются и разгружаются в границах округа санитарной охраны (ОСО) курортов КМВ. Площадь ОСО составляет 524 300 га и включает 303 150 га Ставропольского края, 172 600 га Карачаево-Черкесии и 48 550 га Кабардино-Балкарии (Щербаков, 2003). Покрытая лесом площадь ОСО 24 946 га (4.8 %), а вместе с искусственными насаждениями 34 370 га (6.56 %) оказалась значительно меньше суммы площадей (в городах, селах, дорогах и дачах) зданий, сооружений, асфальтовых покрытий и других водонепроницаемых поверхностей, которые продолжают интенсивно расширяться, в том числе вопреки Федеральному закону РФ от 4.11.2006 г. № 201-ФЗ и за счет сокращения площади лесных насаждений. Преобладание в ОСО курортов площади водонепроницаемых поверхностей над площадью, покрытой лесом, нарушает веками сложившийся водный и тепловой баланс территории, что вызывает усиление паводков при ливнях и повышение температуры воздуха. Например, в Кисловодске среднегодовая температура воздуха за период 1903–2007 г. увеличилась с 4.6 до 7.8 °С (Казанкин, 2015). В данном случае могло оказать некоторое влияние глобальное потепление климата, но нельзя отрицать формирование городского микроклимата в связи с резким возрастанием поверхностного стока атмосферных осадков с водонепроницаемых покрытий и сокращением испарения, на которое расходуется значительная доля теплового баланса.

Для улучшения природной среды курортов согласно постановлению Совета Министров РСФСР от 20 августа 1956 г. в Ставропольском крае лесхозы создали лесные насаждения в области питания минеральных вод, вокруг городов-курортов и на водосборе оз. Тамбукан на общей площади 9424 га. В Кабардино-Балкарии выращены лесные насаждения на восточном побережье оз. Тамбукан. В результате на склоне южной экспозиции Боргустанского хребта были предотвращены селевые выносы, которые при

ливнях перекрывали дорогу Кисловодск–Карачаевск, а также улучшено питание атмосферными осадками альб-аптского водоносного комплекса, в котором формируются и циркулируют лечебные и пресные воды северной группы курортов (Ессентуки, Пятигорск, Железноводск). Созданные леса кроме оздоровления воздушной среды исключили дальнейшее использование минеральных удобрений, ранее применявшихся на этих полях. Влияние удобрений на загрязнение подземных вод видно на примере источника Малый Ессентучек. В зоне санитарной охраны этого источника при внесении на поля азотных удобрений в количестве 32–38 кг/га (действующего вещества) нитраты в воде превышали ПДК в 1.24–1.6 раза. При снижении массы удобрений в 1992/93 и 1994/95 гг. до 23.5 и 9 кг/га концентрация нитратов стала меньше допустимой нормы (45 мг/л). Лесные насаждения вокруг оз. Тамбукан, как и другие лесные экосистемы, аккумулируют железо (Ивлев, 1986). С залесенных водосборов водотоки выносят его в 5 раз больше по сравнению с безлесными (Соколов, 1970). Железо, по А. И. Перельману (1977, 1982), необходимо при образовании составляющей лечебной грязи черного коллоидного минерала гидротроилита ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Актуальность увеличения поступления железа в оз. Тамбукан обусловлено потерей его с сотнями тысяч тонн грязи, изъятых из водоема в течение более 130 лет. Облесение избыточно увлажненных почв на глинистых отложениях платообразной поверхности Кабардинского хребта создало условия для почвенного стока, что предотвратило эрозию при ливнях. На плато распаханная земля в холодный период года ранее подвергалась дефляции, а на склонах балок Джинальского хребта на снеге образовывались сугробы гумуса. Лесные насаждения предотвратили этот разрушительный процесс. Искусственные леса подняли водоразделы (на высоту древостоев) для воздушных потоков, сформировали биоценозы, благоприятные для жизнедеятельности съедобных грибов, которые пользуются популярностью среди населения городов-курортов.

Цель работы – показать положительную роль лесных насаждений в предотвращении эрозии и дефляции почв, охране подземных вод от загрязнения. Обратит внимание на влияние органической составляющей почвенного раствора на биологическую активность микрофлоры в минеральных водах, на создание в лесных экосистемах благоприятных условий для накопления и миграции в озеро железа в качестве составной

части лечебной грязи (гидротроилита). Уточнить места произрастания существовавших ранее лесов в областях питания лечебных источников. Объяснить причины снижения верхней границы леса, в частности дубового и букового поясов в горной части ОСО курортов, и отсутствия леса на горах-диапирах (лакколитах).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поставленную цель реализовали путем выполнения ряда задач. Геологические и гидрогеологические особенности района приведены по материалам М. В. Муратова (1948), А. А. Иовдальского (1959, 1960), И. Я. Пантелеева (1972а, б) и Н. С. Погорельского (1973). Положительную роль лесных насаждений определяли по фактическим результатам и литературным источникам. Влияние стока почвенного раствора на активность микрофлоры минеральных вод устанавливали по опубликованным результатам исследований, проведенным в районе КМВ. Места произрастания ранее существовавших лесов уточняли по климатическим особенностям района и опубликованным историческим материалам. Испаряемость определяли по формуле Н. Н. Иванова (1948). Верхняя граница произрастания дуба *Quercus* L. определена по коэффициенту увлажнения на границах его ареала по К. Б. Лосицкому (1963). Для выявления причин отсутствия леса на горах-диапирах использованы геоморфологические особенности гор и свойство фитоценотической замкнутости растительных сообществ.

Рельеф и геологические ярусы. Район КМВ расположен севернее г. Эльбрус в высотном диапазоне 300–2592 м над ур. м. Согласно карте ОСО курортов КМВ, составленной Гидрогеологическим режимно-эксплуатационным управлением «Кавминвод» в 1989 г., южная граница округа частично проходит по руслам рек Хасаут и Малка. Левобережья этих рек представляют собой крутые склоны южной экспозиции Скалистого хребта. К северу от южной границы ОСО курортов КМВ выделяются 3 четко выраженные куэсты.

Первую куэсту можно назвать юрской. На крутом склоне южной экспозиции Скалистого хребта выходят на дневную поверхность и залегают на серпентинитах палеозоя юрские ярусы: плинсбахский, тоарский, ааленский, байосский, батский, келловейский, оксфордский, кимериджский, титонский (Иовдальский, 1959, 1960) (рис. 1).

Особенностью этой местности является верховье р. Хасаут, где возвышаются горы с плоскими вершинами: большая по площади – Большой Бермамыт (2592 м над ур. м.) и меньшая по площади, но более высокая Малый Бермамыт (2643 м). Г. Г. Москвич (1905) полагает, что местность с живописными ущельями, окружающая Бермамыт, должна считаться одной из самых привлекательных на Земле. Этот автор отмечает проявление на Бермамыте Брокенского призрака. На этой горе также наблюдаются огни Святого Эльма (Плато..., 2020). Севернее Скалистого хребта Бермамытское плато расчленяется долиной р. Кичи-Малка, которая в верховье на протяжении 12 км дренирует большую часть юрских ярусов. Ее левобережье является склоном Кабардинского хребта, который образует вторую – нижнемеловую куэсту (рис. 2).

На склоне южной экспозиции Кабардинского хребта кроме других юрских пород находится узкая полоса области питания титонского яруса. Выше залегают нижнемеловые доломитизированные известняки валанжина. На границе этих ярусов местами развиты карстовые воронки, поглощающие при интенсивных ливнях воду поверхностного стока. Южнее Кисловодска остальные ярусы юры, кроме титонского, выклиниваются (Погорельский, 1973). В районе Кисловодска вся его толща состоит из гранитной дресвы, местами с глинисто-известковым цементом (Муратов, 1948). В районе Пятигорска отложения титонского яруса сильно загипсованы. К породам титона атмосферные осадки проникают также и через залегающие выше трещиноватые и закарстованные нижнемеловые доломитизированные известняки, которые широко распространены в верховьях рек Березовая и Аликоновка. Однако водное питание титонского яруса весьма ограничено ввиду преобладания в нем глинистых пород (Муратов, 1948; Пантелеев, 1972а). Титонский ярус считается одним из важнейших в формировании минеральных источников. На всей площади кисловодского месторождения титонские минеральные воды имеют напор выше, чем воды известняков валанжина, что обуславливает интенсивное поступление их в расположенные выше известняки валанжина (Пантелеев, 1972а). Следовательно, количество углекислоты и химических элементов в титоне, поступающих в породы валанжина, влияет на качественную характеристику нарзана, который, как указал Ф. А. Баталин (1861), теперь отложения травертина (известкового туфа) не откладывает. Учитывая влияние химического



Рис. 1. Склон южной экспозиции Скалистого хребта, на котором выходят на дневную поверхность юрские ярусы. Выше пос. Хасаут, в котором теперь заселены единичные дома, видны на склоне небольшие группы молодых сосен и отдельных деревьев, характеризующих процесс естественного восстановления соснового леса в очагах с разрушенной дерниной после естественного сокращения поголовья выпасающегося скота, 2017 г. (Фото Н. И. Терре).



Рис. 2. Склон южной экспозиции Кабардинского хребта. В области питания титонского яруса в целях восстановления лесов и увеличения поступления в него атмосферных осадков в 80-х гг. XX в. Кисловодским лесхозом нарезаны террасы и высажены лесные культуры, которые были уничтожены пожарами и пастьбой скота. Выше террас – ярус известняков валанжина, 2017 г. (Фото Н. И. Терре).

состава титонской воды на качественную характеристику нарзана, можно предположить, что произошло уменьшение давления и дебита воды в титонском ярусе. Отмеченное вызвано углублением долин рек Березовой и Аликоновки, в результате чего усилился дренаж подземных вод титона. Не исключено влияние недостаточного восполнения атмосферными осадками подземных вод рассматриваемого яруса из-за ухудшения физических свойств почв в области его питания. Поток подземных вод согласно падению пластов в ОСО КМВ имеет северо-восточное направление. Однако на склоне южной

экспозиции Кабардинского хребта образовался локальный водосбор, в котором подземные воды титона и валанжина текут в противоположном направлении и питают высокодебитный родник, воды которого стекают в р. Кичи-Малка. Родник расположен в нижней части титонского яруса в районе построенных террас (см. рис. 2). Без особых затрат воду этого родника можно вывести за пределы водосбора, используя для этого одну из террас (с небольшим уклоном в восточном направлении), и по ней направить водоток, который будет за счет инфильтрации поглощаться породами титона, усиливая его водное питание.

Положительный результат опытной проверки этого предложения позволит решить проблему в стационарном режиме.

Севернее распространения известняков валанжина поверхность Бермамытского плато (второй куэсты) сложена ярусами нижнего мела: готеривским, барремским, аптским, воды которых не представляют интереса для Кисловодского курорта (Погорельский, 1973). Почвы на этих горных породах отличаются низкой водопроницаемостью и при ливнях образуют поверхностный сток, являющийся причиной разрушительных паводков в Кисловодске (Казанкин, 2013). В отложениях готерива развит отраженный карст с многочисленными воронками, через которые при ливнях воды поверхностного стока поступают вглубь и ухудшают санитарное состояние некоторых кисловодских минеральных источников. Севернее Кисловодска в районе курортов Ессентуки и Пятигорск аптский и альбский ярусы образуют обильный водоносный комплекс, из которого выведены минеральные воды (Пантелеев, 1972а). Области питания этих ярусов в основном расположены на южных склонах правобережья р. Ольховка и левобережья р. Подкумок. К северу от русел этих рек расположен Пастбищный хребет (в районе Кисловодска он именуется Джинальским, Боргустанским и Дарьинским). Склоны к северу от русел рек Ольховка и Подкумок вверх к водоразделу представлены нижнемеловыми ярусами: готеривским, барремским, альбским, а выше – верхнемеловыми: сеноманским, туронским, коньякским, сантонским, кампанским, аптским, маастрихтским. Песчаники последнего в Ессентукском курорте содержат углекислые минеральные воды (Погорельский, 1973). Согласно карте ОСО курортов района КМВ геологические ярусы объединены в основные водоносные комплексы: валанжино-титонский, альб-аптский, верхнемеловой.

Пологий северный склон Пастбищного хребта (третьей куэсты) сложен верхнемеловыми известняками, расчлененными сетью речных долин и балок. На ровном пологом склоне выращиваются сельскохозяйственные культуры под защитой лесных полос, а Ессентукским лесхозом созданы массивы насаждений сосны и широколиственных пород с участием бука восточного *Fagus orientalis* Lipsky. Склоны речных долин и балок покрывают естественные леса из дуба, клена *Acer* L., ясеня *Fraxinus* L., граба *Carpinus* L. В ряде долин склоны южной экспозиции заняты степной растительностью. Верх-

немеловые известняки на Боргустанском хребте в северной части ограничиваются руслом р. Бугунта (Боргуста). Севернее, на равнинной территории распространены палеогеновые породы, на которых сформировались предкавказские черноземы. Они заняты различными сельскохозяйственными культурами.

Влияние гор-диапир на преобразование экологической среды. Предгорную равнинную территорию нарушают горы-диапиры (их до сих пор именуют лакколитами), которые Г. В. Абиш (1852) назвал «архипелагом скалистых островов» среди безбрежного моря степи: Джуца (1200 м над ур. м.), Юца (973 м), Золотой курган (884 м), Машук (999 м), Лысая (739 м), Шелудивая (873 м), Бештау (1400 м), Острая (880 м), Тупая (772 м), Медовая (721 м), Железная (851 м), Развалка (930 м), Бык (821 м), Верблюды (902 м), Змейка (994 м), Кинжал (507 м) и возвышенность Кокуртлы (401 м). У подножия гор Машук, Железная и Кокуртлы естественным путем разгружаются подземные минеральные воды. С низким дебитом источники выклиниваются также у гор Юца и Джуца. Горы-диапиры и лакколиты являются вулкано-тектонической формой рельефа, обусловленной близкоповерхностными поднятиями магмы (Кизевальтер и др., 1981). Система этих гор оказывает влияние на перемещение воздушных масс, распределение атмосферных осадков и наземных гидрометеоров. Их образование и накопление (преимущественно в форме гололеда) в холодный период года стимулируют леса, покрывающие горы-диапиры, увеличивая питание подземных вод. Имеются сведения, что в довоенный период после вырубки леса на г. Развалка уменьшился дебит Развальского пресного источника, питающего железнодорожный водопровод (Казанкин, 2019). Дополнительное увлажнение покрытой лесом площади за счет гололеда сопровождается повреждениями древостоев, иногда значительными. В период 1952–1956 гг. в одну из зим автор этой статьи наблюдал, как на склоне г. Машук в результате интенсивного гололеда ломались стволы, в том числе крупных деревьев, кроны которых возвышались над сомкнутым пологом древостоя. Кроме перелома стволов, как обычно при гололеде, массово происходили поломки ветвей в кронах многих деревьев. После опадения гололеда наблюдались его скопления вокруг многих стволов в виде конуса высотой около 1 м.

Характерно, что не на всех горах-диапирах имеется лес. На Кинжале, Золотом кургане



Рис. 3. Гора Джуца. Слабо выраженные магматогенные складки и формы рельефа эрозионного происхождения, отсутствие кротовых кучек и других естественных нарушений сплошного растительного покрова способствуют произрастанию остепненных лугов и препятствуют внедрению леса. На заднем плане г. Эльбрус.

и Джуце лес отсутствует. Возникает вопрос о причине (причинах) безлесья этих гор. На фоне предгорной степи близко расположенные друг к другу горы (Бештау, Острая, Медовая, Тупая, Железная, Развалка) создали экологическую среду, благоприятную для произрастания бука восточного и других широколиственных пород. Бук восточный наилучшего развития достигает в условиях океанического умеренного климата при отношении годового количества осадков к испаряемости, равном 100–120 % (Вернандер, 1946). Такой величине соответствует коэффициент увлажнения (К) 1.0–1.2. Насаждения бука восточного занимают северные склоны Бештау, Железной, Развалки и встречаются единичной примесью в смешанных по составу древостоях дуба черешчатого *Quercus robur* L., ясеня обыкновенного *Fraxinus excelsior* L., граба обыкновенного *Carpinus betulus* L., липы обыкновенной *Tilia europaea* L. на северном склоне г. Машук. В районе Железноводска $K = 0.89$, что в совокупности с различной мощностью почвы определяет возможность роста этой древесной породы по II–V классам бонитета. Сосредоточение покрытых лесом гор вокруг Железноводска (центра преобразованной среды обитания) обусловило здесь самый высокий коэффициент увлажнения по сравнению с другими пунктами (Минеральные Воды $K = 0.7$, Пятигорск 0.7, Ессентуки 0.81, Кисловодск 0.82). Исследования показали, что фактор удаленности безлесных гор от центра максимального преобразования природной среды, благоприятный для произрастания леса, и наибольшая вероятность расселения его на

ближайшие к центру горы не могут быть причиной отсутствия леса на горах Кинжал, Золотой курган, Джуца. Для всех гор (частично или полностью залесенных) характерны выраженные магматогенные складки и в разной степени развитый мезо-, микро- и нанорельеф (скальные обнажения, глыбы, овраги, осыпи, камни разной величины, щебень и др.). Магматогенные складки образовались при подъеме магмы и внедрении ее в земную кору (Геологический словарь, 1973). Однако на горах Кинжал (большая часть этой горы разрушена для добычи строительного щебня, а в карьере Бештаугорским лесхозом созданы лесные культуры), Золотой курган и Джуца при подъеме магмы образование складок не выражено. Эти горы отличаются относительной сглаженностью склонов и отсутствием многих геоморфологических образований, характерных (полностью или частично) для залесенных гор (рис. 3).

Наличие магматогенных складок создает микроклиматическое разнообразие, препятствующее образованию непрерывного травяного покрова и дернины, что благоприятствует внедрению лесной растительности (рис. 4).

Магматогенные складки со склонами разной экспозиции и крутизны обуславливают различный гидротермический режим, а разновеликие камни и обломки скал распределяют жидкие атмосферные осадки, увеличивая влажность почвы или грунта вокруг камней. Камни и глыбы могут создавать тень, что немаловажно при прорастании семян и сохранении всходов древесных пород. Например, на склоне



Рис. 4. Южный склон г. Машук. Магматогенные складки создали условия для внедрения и произрастания древесных пород широколиственного леса (дуба черешчатого, граба и ясеня обыкновенного) низкого класса бонитета, в основном кустарниковых форм, предохраняющего почву от эрозии. На переднем плане пологий склон г. Горячей (сложенной травертином), фрагментарно покрытый редкой степной растительностью, 2020 г. (Фото. И. А. Авдеенко).



Рис. 5. Внедрение сосны крючковой и березы пушистой в горностепные фитоценозы на склоне с глыбами горной породы в долине р. Эшкакон, 2017 г. (Фото Н. И. Терре).

долины р. Эшкакон наличие каменных глыб способствовало внедрению сосны крючковой *Pinus hamata* D. Sosn. и березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. в горностепные фитоценозы (рис. 5).

В связи с отмеченными особенностями рельефа три горы покрыты лугово-степной растительностью. Объяснением этого явления, по Савенковой, может быть принадлежность растительности к ассоциации замкнутой, с установившейся системой отношений, при которых проникновение чуждых элементов при нормальных условиях невозможно (цит. по: Сукачев, 1928). Позже эта система названа фитоценотической замкнутостью, характеризующей пол-

ную упаковку экологических ниш, при которой исключается внедрение дополнительных видов (Миркин и др., 1989). Это свойство фитоценозов, вероятно, является одним из основных препятствий для внедрения леса.

Изучая распространение березы Радде *Betula raddeana* Trautv. на Северном Кавказе, Н. И. Терре (2019) обратила внимание, что восстановление сосны в производном березняке в основном приурочено к скоплению глыб и камней разной крупности (рис. 6).

В высшей степени контрастно на преобразование среды местообитания влияет мезо-, микро- и нанорельеф в сочетании с подземными пустотами на г. Развалка. Младший горный

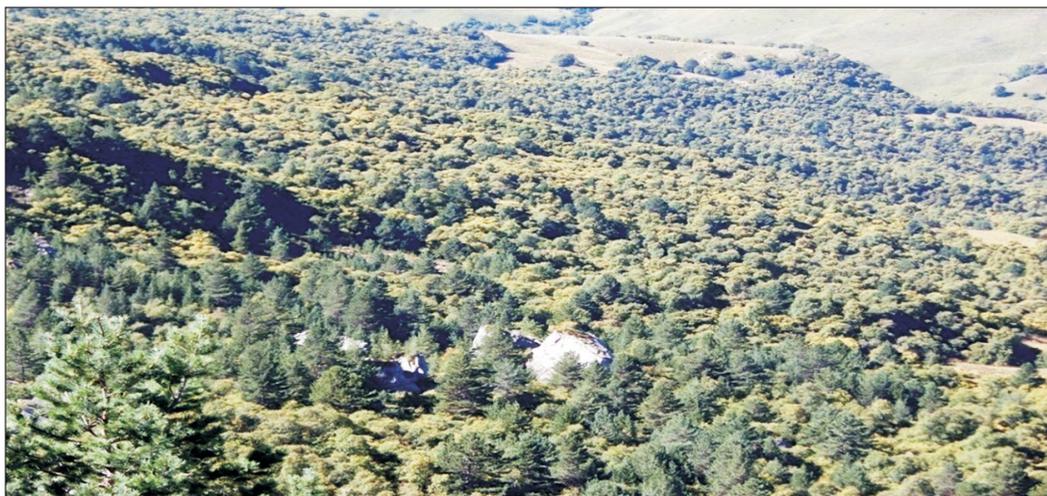


Рис. 6. Фрагмент приречной полосы леса на правом берегу притока Чираккол (бассейн р. Эшкакон). За последние 40 лет в этом и ряде других притоков наблюдается естественное восстановление сосны крючковой в производном березняке (особенно на участках скопления глыб и камней горной породы). Этому процессу способствовало и способствует введение режима санитарной охраны источников водоснабжения на водосборе р. Эшкакон, 2017 г. (Фото Н. И. Терре).

инженер Э. Э. Эйхельман в 1901-1902 гг. обнаружил на северном склоне горы на высоте 620–710 м типичную северную флору и объяснил это низкой отрицательной температурой почвы на глубине 0.2–0.5 м ($-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Геолог О. Ф. Головина-Ковалева, изучив эту гору в 1927 г., сделала вывод, что причиной понижения температуры воздуха и почвы на склоне горы является процесс образования льда на глубине от 1 до 4.5 м, который обусловлен тягой холодного воздуха изнутри горы к поверхности. Пустоты образуют в мощном слое делювия обширную воздухопроводную сеть, связанную с процессом образования льда. Поэтому богатая, типично южная растительность и густой стройный лес на северном сильно каменистом склоне крутизной 40° на площади 800–1000 м² на склонах г. Развалка сменяются редкостойными березняками с искривленными стволами высотой около 2 м (цит. по: Вернандер, 1946). Следует отметить, что одного фактора, например защебненности поверхности склона, недостаточно для внедрения леса в травяной фитоценоз. Л. А. Ковалева (2019) описала куртины эремуруса на каменистом склоне крутизной $30\text{--}35^{\circ}$ г. Машук, а также реликтовую асфоделиново-злаковую степь на крутом склоне юго-восточной экспозиции на маломощных щебнистых почвах с выходами на поверхность плит известняка г. Джуца. Описанные местообитания, очевидно, непригодны для произрастания древесных пород. На частично залесенных или полностью безлесных горах-

диапирах причина отсутствия леса на участках, пригодных для произрастания насаждений, объясняется фитоценотической замкнутостью степной растительности на сравнительно ровных, труднодоступных для использования участках. Доступные для хозяйственного использования площади гор-диапир с луговой или степной растительностью, вероятно, были заняты лесом в прошлом. Например, о вершине г. Машук, в настоящее время занятой остепненными лугами, естествоиспытатель и путешественник И. А. Гюльденштедт, обследовавший эту гору в 1773 г., писал следующее: «У горы Машука, у подножия которой на юго-востоке есть теплый источник, на подножии скала Калер, а на вершине она покрыта густым лесом» (цит. по: Вернандер, 1946).

Влияние органики почвенного раствора на биохимическую активность минеральной воды. Наряду с отмеченной особенностью «архипелагов скалистых островов», присущей природному комплексу КМВ, для него характерно наличие многочисленных геологических ярусов, которые образуют вертикальную структуру подземных вод. Ярусы прошлых геологических эпох В. И. Вернадский (1965) называл былыми биосферами. Биогеохимическая информация геологических эпох усваивается и перерабатывается многочисленными видами растений, насыщающих воздух летучими соединениями. Геологические ярусы в областях питания выходят на дневную поверхность и являются поч-

вообразующими горными породами, влияя на формирование почв и различных фитоценозов, участвующих в формировании биогеохимического режима региона. Биологические агенты, по Р. Дж. Райс (1980), способны изменить качество воды, а также содержание в ней тех или иных веществ, так как корни растений окружаются гидрогенными ионами, которые способны обмениваться с катионами соседних минералов. Биогеохимический режим региона наряду с компонентами ландшафта обеспечивается корневыми системами растений и почвенными микроорганизмами, которым присущи выделительная функция и огромная геохимическая энергия, в результате чего в почву поступают многочисленные минеральные вещества, более 16 видов органических кислот, витамины, ферменты и другие образования (Ковальский, 1974). Все эти выделения частично мигрируют с атмосферными осадками в горные породы геологических ярусов, обогащая и питая литофитную флору и микроорганизмы подземных вод и наряду с другими факторами оказывая влияние на формирование лечебных свойств минеральных источников. Например, из данных исследований И. Я. Пантелеева с соавт. (1957), О. Ю. Волковой и А. Д. Ташинской (1961) следует, что смешение горячей минеральной и холодной пресной воды, несущей свежее органическое вещество из лесных почв на г. Машук, усиливает жизнедеятельность микрофлоры и увеличивает выделение сероводорода более чем в 6 раз. Известно, что насаждения каждого вида древесных пород формируют свой химический состав почвенных вод, которые далее поступают в глубь горных структур (Паулюкявичюс, 1989). По А. И. Перельману (1982), водоносный горизонт представляет собой биокосную систему, по своей сущности и уровню организации близкую к почве. Это положение подтверждают данные по идентичному соотношению в поглощающем комплексе (мг-экв.) типоморфных химических элементов кальция и магния в почвах, в областях питания нижнемеловых и верхнемеловых ярусов, а также изверженных пород и в минеральных источниках Кисловодска, Пятигорска и Железноводска (Казанкин, 2019). Сходство соотношений указанных элементов в минеральных водах и почвах, по Б. Б. Полюнову (1956), объясняется тождественностью быстро протекающих процессов извлечения элементов из минералов организмами и растворением их зольной части при минерализации. В подземных водах функционируют сотни тысяч микроорганизмов

различных физиологических групп (Волкова, Ташинская, 1961), жизненный цикл которых составляет 15–20 дней (Глазовская, 1981), а содержание зольных бактерий достигает 10 % (Лархер, 1978). Круглогодичная жизнедеятельность микроорганизмов в подземных водах обуславливает поступление в них значительных масс химических элементов. Эти факты свидетельствуют о необходимости сохранения и восстановления коренных типов растительности, обеспечивающих многовековой естественный режим поступления атмосферных осадков, обогащенных органическими и минеральными соединениями, в подземные воды.

Горно-долинная обусловленность произрастания былых и сохранившихся лесов. Различные климатические условия, обусловленные перепадом высот почти в 2300 м, и наличие более 20 геологических ярусов на сравнительно небольшой территории (5243 км²) сформировали горные черноземы, горно-луговые и горнолесные почвы, 2025 видов сосудистых растений (Михеев, 2005), 30 типов леса (Ноженко, 1975) и многочисленные типы минеральных вод. Учитывая, что в режиме минеральных вод большое значение придается лесу, важно выявить местоположения ранее произраставших лесов, уничтоженных человеком в течение многих столетий. В этой связи напомним вывод А. И. Воейкова (1952): «Климат речных долин, особенно широких, существенным образом отличается от климата водоразделов». Флористическая интерпретация этой закономерности дана в работе Р. И. Аболина (1937). Обследуя луга и пастбища Карачая, он обратил внимание на то, что леса приурочены к крутым склонам долин, что на ровные платообразные поверхности они, как правило, не выходят или встречаются в вершинах ложков в виде кустарников. А также отметил, что причины отсутствия лесов на открытых платообразных поверхностях не вполне ясны, но нет оснований считать это делом рук человека, что наблюдается во многих случаях в настоящее время, но на склонах. О произрастании сосновых лесов в долине р. Эшкакон в прежние времена свидетельствуют исторические документы (Акты..., 1875; Верховец, 1911). Вырубка сосны в Эшкаконском ущелье привела к смене сосняков на производные березняки. Восстановление сосны началось лишь в последние десятилетия (см. рис. 4).

В целях уточнения причин отсутствия леса на водораздельных платообразных поверхностях опорным пунктом ВНИИЛМ в 1961 г. уста-

новлена метеостанция (1520 м над ур. м.), которая позволила определить, что для водораздела Джинальского хребта зимой характерны «окна» с положительными температурами, °С: в декабре до 17.3, январе до 12.7, феврале до 13.9, а на минерализованной поверхности почвы до 24.7, 16.8 и 20.7 соответственно. Относительная влажность воздуха в январе, феврале и марте опускалась до 4-5 %. Анализ климатических данных горной части ОСО КМВ позволил автору сделать вывод о том, что безлесье плато в областях питания минеральных источников объясняется засушливостью, оттепелями в зимние месяцы и высокой относительной влажностью воздуха (78–86 %) в вегетационный период. Склоны речных долин различного порядка были покрыты лесом в прошлом больше, чем теперь, а сосновые леса произрастали раньше на склонах южных экспозиций Скалистого и Кабардинского хребтов. Водораздельные платообразные поверхности в прошлом, как и теперь, были покрыты коренными субальпийскими лугами (Казанкин, 1964, 1967). Этот вывод подтвердился результатами лесотипологических исследований, которые показали, что в горных районах КМВ насаждения занимали большие площади, а тип леса свежего соснового сугрудка покрывал ныне безлесные склоны южных экспозиций от 1300 до 2100 м над ур. м.; 99 % березово-сосновых лесов теперь занято производными березняками, а пояса дубовых и буковых лесов снижены на 250–500 м относительно районов, расположенных восточнее (Ноженко, 1968, 1975).

Согласно критериям О. А. Дроздова (1955), северная граница леса устанавливается по изотерме самого теплого месяца 12–14 °С в сочетании с относительной влажностью не более 70 %. В условиях КМВ естественное внедрение леса в системе склоны долин–водораздельные платообразные формы рельефа не превышает ≥ 1300 м над ур. м. (Казанкин, 2019). Для верхней границы дуба, которая, по К. Б. Лосицкому (1963), вблизи северной, коэффициент увлажнения (К) в вегетационный период (V–IX месяцы) составляет 0.82, а вне ареала дуба (на севере) $K = 0.82–1.0$ (K – отношение осадков к испаряемости).

По нашим определениям, в вегетационный период (V–IX месяцы) на станциях Кисловодск (887 м) $K = 0.93$, Джинал (1520 м) $K = 1.85$. Согласно интерполяции верхняя граница естественного распространения дуба при $K = 0.82$ составит 811 м над ур. м., а при $K = 1.0$ она будет

равна 935 м. Последняя величина более соответствует естественному распространению дуба в районе Кисловодска.

Причину снижения верхней границы бука установить сложнее, так как его оптимальный K варьирует в пределах 1.0–1.2, а это означает, что бук может произрастать и ниже, и выше этих значений. В районе Железноводска бук растет при $K < 1$. В данном случае причиной снижения верхней границы естественного распространения бука может быть либо антропогенный фактор, либо сухость почвы, обусловленная высоким дренажом ее известняками верхнего мела, либо засушливая зима с «окнами» положительных температур. В урочище Чугуева балка (правобережье р. Подкумок вблизи Кисловодска) сохранилась сеть сухих русел ранее существовавших постоянных водотоков. С урочищем Чугуева балка граничит водосбор р. Долина очарования, где имеется короткий каньон, в котором подземный пресный источник фонтанировал на поверхности грунта в виде грифона, а водоток поступал в реку. По нашим наблюдениям, примерно через 30 лет этот родник исчез, что наряду с оставшимися сухими руслами от бывших водотоков может свидетельствовать о карстовом процессе, в результате которого снижается уровень подземных вод и усиливается дренаж расположенных выше слоев горной породы и почвы. Известно, что для бука важна влажность не только воздуха, но и почвы. Бук, развивая поверхностную корневую систему (в отличие от дуба), избегает избыточно увлажненных местообитаний и не выносит значительную сухость почвы, особенно если последняя содержит известь (Лесохозяйственный словарь..., 1948). Характерно, что районы естественного произрастания бука восточного на Северном Кавказе отличаются влажной зимой. Коэффициенты увлажнения в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) превышают единицу и изменяются на станциях в пределах: Ведено (715 м) 1.36–1.9; Владикавказ (696 м) 1.8–2.23; Нальчик (426 м) 1.6; Железноводск (629 м) 1.9–2.0; Теберда (1328 м) 1.29–1.74; Архыз (1450 м) 2.7–3.72; Даховская (504 м) 1.6–2.3; Гузерибль (670 м) 3.8–6.6 и др. В районе КМВ (где бук естественно не произрастает) в Кисловодске (887 м) K не превышает значения 0.6; на Джинале варьирует от 0.4 до 0.5, а на станции Шаджатмаз (2070 м) изменяется в пределах 0.7–0.8.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что сухая зима в горной части областей питания

минеральных источников КМВ может быть одной из причин снижения верхней границы естественного распространения бука восточного. В связи с этим Пастбищный хребет в пределах ОСО курортов КМВ можно считать климатической границей естественного произрастания лесов на водораздельных платообразных формах рельефа, в частности дубовых и буковых.

К югу от Пастбищного хребта в долинах речной сети и суходолов естественно произрастали и произрастают сосновые и мелколиственные насаждения. В настоящее время доминируют производные березняки, а на склонах преимущественно южной экспозиции – вторичные луга.

На платообразном водоразделе Боргустанского хребта в условиях карбонатной почвы, развитой на мощном слое рухляка верхнего мела и мергеля (высота 1144 м), Ессентукским лесхозом созданы лесные культуры сосны крымской *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe с участием бука восточного. В возрасте 36 лет средняя высота бука составила 14.3 м, диаметр ствола на высоте груди 19 см. У подножия Кабардинского хребта на покатом склоне в условиях горно-луговой почвы, сформированной на четвертичном суглинке (высота 1334 м), Кисловодским лесхозом созданы лесные культуры клена белого *Acer pseudoplatanus* L. (почти все его деревья поражены раком) с участием бука восточного. Часть семян бука приобрела кустообразную форму, и только через 40 лет начали формироваться стволы, образуя второй ярус древостоя. В возрасте 47 лет средняя высота верхнего яруса бука восточного составила 13 м, диаметр ствола 12.2 см. В первом случае средний прирост по высоте составил 0.40 м/год, по диаметру 0.53 см/год, во втором – 0.28 м/год и 0.26 см/год соответственно. У подножия Кабардинского хребта интенсивность роста в высоту снижена в 1.4 раза, по диаметру – в 2 раза по сравнению с Боргустанским хребтом, что объясняется существенным различием почвенно-климатических условий этих местообитаний. Остается неясным вопрос о возможном семенном возобновлении искусственно созданных буковых насаждений.

На основании анализа климатических данных и исторических документов можно сделать вывод, что в горной части ОСО КМВ произрастали горно-долинные леса (на склонах гидрографической сети: в долинах рек и суходолов) соответственно климатическим условиям, обусловленным в основном горно-долиной

продольной и поперечной циркуляцией воздушных масс. Леса были уничтожены преимущественно на склонах южной экспозиции, на которых весной раньше появляется трава, пригодная для выпаса скота. Возобновлению лесов на южных склонах также препятствовало ежегодное выжигание старой травы. Смена сосняков производными березняками произошла в результате использования сосны для различных хозяйственных нужд и лесных пожаров, после которых береза возобновляется вегетативным способом. Не исключено, что уничтожение лесов на склонах гидрографической сети в горной части округа КМВ является одной из причин распространения опасных геологических процессов. На склоне южной экспозиции Скалистого хребта в верховье р. Хасаут преобладают активные оползневые склоны на протяжении 13 км, такое же явление фрагментарно имеет место на склоне южной экспозиции Кабардинского хребта (Казанкин, 2013). Древние, временно стабилизировавшиеся и активные оползни распространены на склонах южной экспозиции Боргустанского и Дарьинского хребтов. Оползневые склоны указанных видов занимают большие площади в верховьях рек Березовая, Аликонька, Эшкакон, Подкумок, Кума. Широко развиты активные оползневые склоны в бассейне р. Корсунка (приток Подкумка). В бассейне р. Эшкакон в 2002 г. при сильных ливневых осадках за счет оползневых процессов и переноса масс почвы и грунта потоками произошло заиление значительного объема Эшкаконского водохранилища.

В соответствии с падением геологических пластов в северо-восточном направлении на склонах южных экспозиций водоносных горизонтов (ярусов) – титонского, тоарского, альбского, аптского и др. происходит питание подземных вод атмосферными осадками. Восстановление леса на склонах южных экспозиций, где выходят на дневную поверхность основные водоносные горизонты, улучшит их водное питание. В областях питания таких водоносных горизонтов (ярусов), как доломитизированные известняки валанжина и известняки верхнего мела, занимающих значительные площади платообразных поверхностей Кабардинского, Джинальского, Боргустанского, Дарьинского хребтов, почвы отличаются высокими значениями водопроницаемости, которая резко снижается на дорогах и сопровождается эрозией, разрушающей почву и вскрывающей неровную поверхность

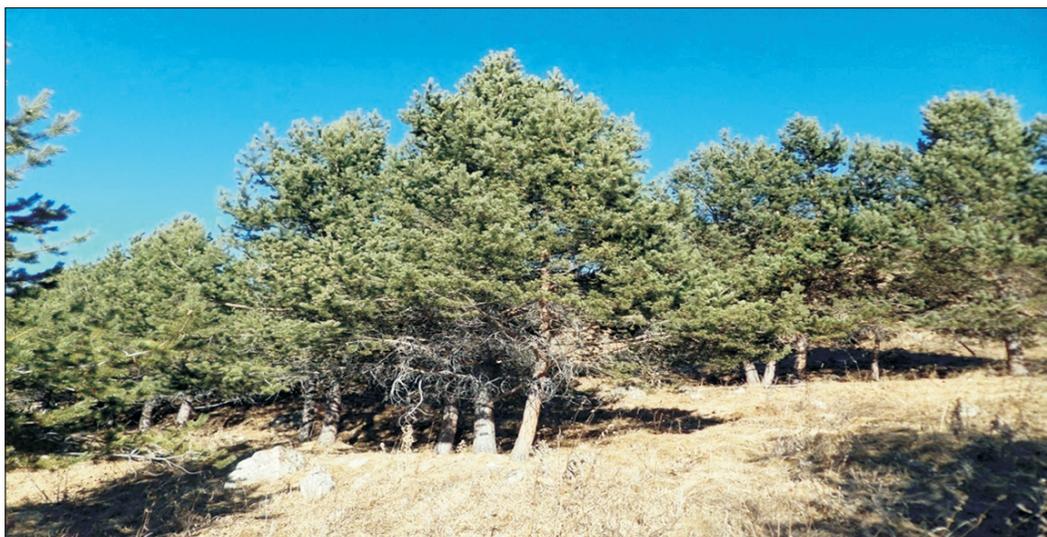


Рис. 7. Склон южной экспозиции Кабардинского хребта. Сохранившаяся куртина сосны крючковатой на террасах (см. рис. 2). Высота 1970 м над ур. м. Под сомкнутым пологом сосны сформировались лесная подстилка и рыхлая почва, которые способствуют поступлению осадков в титонский ярус, 2017 г. (Фото Н. И. Терре).

известняков. Хозяйственное использование субальпийских лугов должно вестись таким образом, чтобы сохранить, а в большинстве случаев восстановить их флористическое разнообразие, не снижать высокие значения водопроницаемости почв и исключать их эрозию.

Проведенные исследования показали низкую водопроницаемость почв в области питания титонского яруса на склоне южной экспозиции Кабардинского хребта. Растительный покров в 1963 г. здесь был сильно нарушен и полностью уничтожен на скотопрогонных тропах, поверхность которых превратилась в водоупор. Было предложено создать лесные насаждения по террасам (Казанкин, 1967). По проекту Союзгипролесхоза Кисловодский лесхоз построил террасы и создал на них лесные культуры сосны крючковатой и частично березы пушистой, которые в последующем были уничтожены пожарами и пасущимся скотом, а земли переданы совхозу для выпасов (см. рис. 2). Сохранились лишь небольшая куртина сосны и ее единичные деревья вдали от с. Кичи-Балык (рис. 7).

Лесные насаждения на террасах были уничтожены, но в связи с расформированием откормочных совхозов в 90-е гг. XX в. и снижением поголовья скота сами террасы сохранились (см. рис. 2). При усилении пастбищной нагрузки террасы превратятся в очаги ускоренной эрозии и ухудшат водное питание титонского яруса, что обострит актуальность восстановления на них лесных насаждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для улучшения природной среды курортов КМВ создано более 9424 га лесных насаждений, которые исключили загрязнение подземных вод на покрытой лесом площади, сформировали почвенный сток на заболоченных землях. В горных условиях лес сформировал экологическую среду, благоприятную для распространения съедобных грибов, предотвратил эрозию и дефляцию почв, создал условия для поступления в озеро соединений железа, необходимого для образования лечебной грязи. Почвенный сток, поступающий в горячие минеральные воды, повышает образование сероводорода в 6 раз. Минеральные воды формируются и разгружаются в ОСО на площади 524 300 га в диапазоне высот 300–2592 м над ур. м., что определило разнообразие климатических условий, почв и растительности. Наиболее важными водоносными комплексами считаются титано-валанжинский, альбаптский и верхнемеловой. В результате перевыпаса существенно снижена водопроницаемость почвы в области питания титонского яруса на склоне южной экспозиции Кабардинского хребта. Для улучшения его водного питания необходимо восстановить погибшие лесные насаждения. На этом же склоне локальный водосбор дренирует подземные воды титона и валанжина. Для исключения потери воды этих ярусов необходимо родниковый поток вывести за пределы локального водосбора и направить по одной из ранее

построенных террас, что за счет инфильтрации улучшит его гидрологический режим.

Для гор-диапир, полностью или частично покрытых лесом, характерны в большей или меньшей мере изрезанность склонов магматогенными складками, наличие камней, глыб, скальных обнажений и др. Безлесные горы Кинжал, Золотой курган, Джуца отличаются сравнительно сглаженным рельефом склонов, что в совокупности с фитоценотической замкнутостью растительных сообществ препятствует внедрению и произрастанию на них леса. В горной части КМВ горно-долинная циркуляция воздушных масс создала благоприятные условия для естественного облесения склонов речных долин и суходолов. Для платообразных поверхностей характерна высокая относительная влажность воздуха в вегетационный период (78–82 %) и низкая зимой (58–63 %) с «окнами» положительной температуры, что препятствует внедрению леса и создает благоприятные условия для произрастания субальпийских лугов. Верхняя граница леса в районе ОСО КМВ (долина–водораздел) ограничена горизонталью 1300 м на Пастбищном хребте. Эти орографические и климатические особенности в основном определили также южную границу распространения широколиственных пород. Верхняя граница хвойно-мелколиственного леса в речных долинах (р. Эшкакон, верховье рек Подкумок, Кума) не отличается от горно-долинных лесов в смежных районах. В горной части округа КМВ актуальны геологические изыскания для определения современного состояния зафиксированных ранее опасных активных и временно стабилизировавшихся тел на склонах долин и разработка мероприятий (в том числе восстановление лесных насаждений) для предотвращения разрушительных явлений. Необходимо восстановить флористический состав субальпийских лугов, сохранить водопроницаемость почв и исключить их эрозию на платообразной водораздельной поверхности Кичи–Малка–Березовая, Аликоновка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Абих Г. В.* Объяснение геологического разреза северной покатости Кавказского кряжа от Эльбруса до Бештау (ЮЮЗ к ССВ) // Кавказский календарь на 1853 год. Тифлис: Канцелярия Кавказского наместника, 1852. С. 440–471 [*Abikh G. V.* Obyasnenie geologicheskogo razreza severnoy pokatosti Kavkazskogo kryazha ot Elbrusa do Beshtau (YuYuZ k SSV) (Explanation of the geological section of the northern slope of the Caucasian ridge from Elbrus to Beshtau (UUZ k SSV)) // Kavkazskiy kalendar na 1853 god (Caucasian calendar for 1853). Tiflis: Kantselyariya Kavkazskogo namestnika (Office of the Caucasian Governor), 1852. P. 440–471 (in Russian)].
- Аболин Р. И.* Луга и пастбища Карачая. Экспедиция АН СССР в 1935 г. М.; Л.: Мысль, 1937. 471 с. [*Abolin R. I.* Luga i pastbishcha Karachaya. Ekspeditsiya AN SSSR v 1935 g. (Meadows and pastures of Karachai. Expedition of the USSR Acad. Sci. in 1935). Moscow; Leningrad: Mysl, 1937. 471 p. (in Russian)].
- Акты, собранные Кавказской археографической комиссией / Под ред. председателя комиссии А. П. Берже. Тифлис: Тип. Главного управления наместника кавказского, 1875. Т. VI. Ч. 2. 954 с. [*Akty, sobrannye Kavkazskoy arkheograficheskoy komissiyey* (Acts, collected by the Caucasian Archaeographic Commission) / Pod red. predседatelya komissii A. P. Berzhe (Chairman of the Commission A. P. Berger (Ed.)). Tiflis: Tip. Glavnogo Upravleniya namestnika kavkazskogo (Printing House of the Main Directorate of the Governor of the Caucasus), 1875. V. VI. Pt. 2. 954 p. (in Russian)].
- Баталин Ф. А.* Пятигорский край и Кавказские Минеральные Воды (с альбомом местных планов и видов). СПб.: Тип. Департамента уделов, 1861. 118 с. [*Batalin F. A.* Pyatigorskyy kray i Kavkazskie Mineralnye Vody (s albomom mestnykh planov i vidov) (Pyatigorsk Krai and Caucasian Mineral Waters (with an album of local plans and views). St. Petersburg: Tip. Departamenta udelov (Printing House of the Department of Destinies), 1861. 118 p. (in Russian)].
- Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 374 с. [*Vernadskiy V. I.* Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzeniya (Chemical structure of the Earth's biosphere and its environment). Moscow: Nauka, 1965. 374 p. (in Russian)].
- Вернандер Т. Б.* Растительный покров Бештаугорского лесопарка // Уч. зап. МГУ. 1946. Вып. 97. С. 99–214. [*Vernander T. B.* Rastitelny pokrov Beshtaugorskogo lesoparka (Plant cover of Beshtaugorskyy forest park) // Uch. zap. MGU (Scholarly Notes Moscow St. Univ.). 1946. Iss. 97. P. 99–214 (in Russian)].
- Верховец Я. Д.* Садоводство и виноградарство в районе Кавказских Минеральных Вод 1825–1850 гг. (Докл. чл.-учредителя Сев.-Кавк. отд. Рос. о-ва садоводства Я. Д. Верховца общ. собр. чл. 3 апр., 1 мая и 5 июня 1911 г.). Пятигорск: Сев.-Кавк. отд. Имп. Рос. об-ва садоводства, 1911. 62 с. [*Verkhovets Ya. D.* Sadovodstvo i vinogradarstvo v rayone Kavkazskikh Mineralnykh Vod 1825–1850 gg. (Dokl. chl.-uchreditelya Sev.-Kavk. otd. Ros. o-va sadovodstva Ya. D. Verkhovtsa obshch. sobr. chl. 3 apr., 1 maya i 5 iyunya 1911 g.) (Horticulture and viticulture in the region of the Caucasian Mineral Waters 1825–1850 (Report of the founding member of the North Caucasian Department of the Russian society of gardening Ya. D. Verkhovets for general meeting of members 3 April, 1 May and 5 June, 1911)). Pyatigorsk: Sev.-Kavk. otd. Imp. Ros. ob-va sadovodstva (North Caucas. Br. Imp. Rus. Soc. Horticult.), 1911. 62 p. (in Russian)].
- Воейков А. И.* Избранные сочинения. Т. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 502 с. [*Voeykov A. I.* Izbrannye sochineniya (Selected works). V. 3. Moscow: Izd-vo AN SSSR (USSR Acad. Sci. Publ.), 1952. 502 p. (in Russian)].

- Волкова О. Ю., Ташинская А. Д. Биогенное образование сероводорода в глубинных минеральных водах // Микробиология. 1961. Вып. 4. С. 693–698 [Volkova O. Yu., Tashinskaya A. D. Biogennoe obrazovanie serovodoroda v glubinnnykh mineralnykh vodakh (Biogenic formation of hydrogen sulfide in deep mineral waters) // Mikrobiologiya (Microbiology). 1961. Iss. 4. P. 693–698 (in Russian with English abstract)].
- Геологический словарь. Т. 2. М.: Недра, 1973. 456 с. [Geologicheskii slovar (Geological dictionary). V. 2. Moscow: Nedra, 1973. 456 p. (in Russian)].
- Глазовская М. А. Общее почвоведение и география почв: учебник для студентов-географов вузов. М.: Высш. шк., 1981. 400 с. [Glazovskaya M. A. Obshchee pochvovedenie i geografiya pochv: uchebnik dlya studentov-geografov vuzov (General soil science and soil geography: a textbook for students-geographers of universities). Moscow: Vyssh. shk. (Higher Educat. School), 1981. 400 p. (in Russian)].
- Дроздов О. А. О связи относительной влажности воздуха с количеством и вероятностью осадков // Тр. Гл. геофиз. обсерватории им. А. И. Воейкова. 1955. Вып. 50 (112). С. 3–15 [Drozdov O. A. O svyazi otnositel'noy vlazhnosti vozdukha s kolichestvom i veroyatnostyu osadkov (On the relationship of relative humidity with the amount and probability of precipitation) // Tr. Gl. geofiz. observatorii im. A. I. Voyeykova (Proc. Voyeykov Main Geophys. Observatory). 1955. Iss. 50 (112). P. 3–15 (in Russian)].
- Иванов Н. Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара // Зап. Всесоюз. геогр. об-ва. Новая сер. Т. 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 224 с. [Ivanov N. N. Landshaftno-klimaticheskie zony zemnogo shara (Landscape and climatic zones of the globe) // Zap. Vsesoyuz. geogr. ob-va. Novaya ser. (Notes All-Union Geogr. Soc.). V. 1. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR (USSR Acad. Sci. Publ.), 1948. 224 p. (in Russian)].
- Ивлев А. М. Биогеохимия: учеб. для ун-тов по спец. «Почвоведение и агрохимия». М.: Высш. шк., 1986. 127 с. [Ivlev A. M. Biogeokhimiya: ucheb. dlya un-tov po spets. «Pochvovedeniye i agrokhimiya» (Biogeochemistry: textbook for univ. on specials. «Soil Science and Agrochemistry»). Moscow: Vyssh. shk. (Higher Educat. School), 1986. 127 p. (in Russian)].
- Иовдальский А. А. Гидрогеологические условия Кисловодского месторождения минеральных вод // Уч. зап. Пятигорск. бальнеол. ин-та. 1959. Т. II (30). С. 437–449 [Iovdal'skiy A. A. Gidrogeologicheskie usloviya Kislovodskogo mestorozhdeniya mineralnykh vod (Hydrogeological conditions of Kislovodsk mineral water deposit) // Uch. zap. Pyatigorsk. balneol. in-ta (Scholarly Notes Pyatigorsk Balneol. Inst.). 1959. V. II (30). P. 437–449 (in Russian)].
- Иовдальский А. А. Геологическое строение Кисловодского месторождения минеральных вод по новым данным // Уч. зап. Пятигорск. бальнеол. ин-та. 1960. Т. 3 (31). С. 414–430 [Iovdal'skiy A. A. Geologicheskoe stroenie Kislovodskogo mestorozhdeniya mineralnykh vod po novym dannym (Geological structure of Kislovodsk mineral water deposit according to new data) // Uch. zap. Pyatigorsk. balneol. in-ta (Scholarly Notes Pyatigorsk Balneol. Inst.). 1960. V. 3 (31). P. 414–430 (in Russian)].
- Казанкин А. П. Особенности создания лесных культур на Кабардинском и Джинальском хребтах // Тр. Северокавказ. лесн. опыtn. станции ВНИИЛМ. Вып. VI. Краснодар, 1964. С. 71–82 [Kazankin A. P. Osobennosti sozdaniya lesnykh kultur na Kabardinskom i Dzhhinal'skom khrebtakh (Specifics of the creation of forest crops on the Kabarda and Dzhhinal ranges) // Tr. Severokavkaz. lesn. opyt. stantsii VNIILM (Proc. North Caucas. For. Experiment. Stat. VNIILM). Iss. VI. Krasnodar, 1964. P. 71–82 (in Russian)].
- Казанкин А. П. Лесомелиоративные районы в области питания артезианского бассейна Кавминвод и пути улучшения их гидрологического режима // Тр. Северокавказ. лесн. опыtn. станции ВНИИЛМ. Вып. VIII. Орджоникидзе, 1967. С. 97–115 [Kazankin A. P. Lesomeliorativnye rayony v oblasti pitaniya artezianskogo basseyna Kavminvod i puti uluchsheniya ikh gidrologicheskogo rezhima (Forest reclamation regions in the area of feeding the artesian basin of the Caucasian Mineral Waters and ways to improve their hydrological regime) // Tr. Severokavkaz. lesn. opyt. stantsii VNIILM (Proc. North Caucas. For. Experiment. Stat. VNIILM). Iss. VIII. Ordzhonikidze, 1967. P. 97–115 (in Russian)].
- Казанкин А. П. Экологическая роль горных лесов Кавказа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 364 с. [Kazankin A. P. Ekologicheskaya rol gornyykh lesov Kavkaza (Environmental role of the mountain forests of the Caucasus). Novosibirsk: Izd-vo SO RAN (Sib. Br. Rus. Acad. Sci. Publ.), 2013. 364 p. (in Russian)].
- Казанкин А. П. Ландшафтные особенности Кисловодского лечебного курортного парка // Сиб. лесн. журн. 2015. № 6. С. 86–95 [Kazankin A. P. Landshaftnye osobennosti Kislovodskogo lechebnogo kurortnogo parka (Landscape features of Kislovodsk medical park) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2015. N. 6. P. 86–95 (in Russian with English abstract)].
- Казанкин А. П. Ландшафтные особенности Кавказских Минеральных Вод. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2019. 48 с. [Kazankin A. P. Landshaftnye osobennosti Kavkazskikh Mineralnykh Vod (Landscape features of the Caucasian Mineral Waters). Krasnoyarsk: In-t lesa im. V. N. Sukacheva SO RAN (V. N. Sukachev Inst. For., Sib. Br., Rus. Acad. Sci.), 2019. 48 p. (in Russian)].
- Кизевальтер Д. С., Раскатов Г. И., Рыжова А. А. Геоморфология и четвертичная геология (геоморфология и генетические типы отложений). М.: Недра, 1981. 215 с. [Kizevalter D. S., Raskatov G. I., Ryzhova A. A. Geomorfologiya i chetvertichnaya geologiya (geomorfologiya i geneticheskie tipy otlozheniy) (Geomorphology and Quaternary Geology (geomorphology and genetic types of sediments)). Moscow: Nedra, 1981. 215 p. (in Russian)].
- Ковалева Л. А. Редкие луговые, степные и субальпийские растительные сообщества региона Кавказских Минеральных Вод. Сочи: Принт, 2019. 256 с. [Kovaleva L. A. Redkie lugovye, stepnye i subalpiyskie rastitelnye sobshchestva regiona Kavkazskikh Mineralnykh Vod (Rare meadow, steppe and subalpine plant communities of the Caucasian Mineral Waters region). Sochi: Print, 2019. 256 p. (in Russian)].

- Ковальский В. В. Геохимическая экология: очерки. М.: Наука, 1974. 299 с. [*Kovalskiy V. V. Geokhimicheskaya ekologiya: ocherki (Geochemical ecology: essays). Moscow: Nauka, 1974. 299 p. (in Russian).*]
- Курорты. Энциклопедический словарь / Гл. ред. Е. И. Чазов. М: Сов. энциклопедия, 1983. 591 с. [*Kurorty. Entsiklopedicheskiy slovar / Gl. red. E. I. Chazov (Resorts. Encyclopedic dictionary / E. I. Chazov (Chief Ed.)). Moscow: Sov. entsiklopediya (Soviet Encyclopedia), 1983. 591 p. (in Russian).*]
- Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с. [*Larkher V. Ekologiya rasteniy (Plant ecology). Moscow: Mir, 1978. 384 p. (in Russian).*]
- Лосицкий К. Б. Восстановление дубрав. М.: Сельхозиздат, 1963. 359 с. [*Lositskiy K. B. Vosstanovleniye dubrav (Restoration of oak groves). Moscow: Selkhozizdat (Agr. Publ.), 1963. 359 p. (in Russian).*]
- Лесохозяйственный словарь-справочник. Т. I. М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. 298 с. [*Lesokhozyaystvennyy slovar-spravochnik (Forestry dictionary). V. I. Moscow; Leningrad: Goslестехиздат, 1948. 298 p. (in Russian).*]
- Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с. [*Mirkin B. M., Rozenberg G. S., Naumova L. G. Slovar ponyatiy i terminov sovremennoy fitotsenologii (Glossary of concepts and terms of contemporary phytocenology). Moscow: Nauka, 1989. 223 p. (in Russian).*]
- Михеев А. Д. Проблема сохранения биологического разнообразия на Кавказских Минеральных Водах // Проблемы экологической безопасности и сохранение природного ресурсного потенциала: материалы второй Междунар. науч.-практ. конф., Ессентуки, 30 сент.–1 окт. 2005 г. Ставрополь: СРОО Экол. Конгресс Ставрополя, 2005. С. 26–30 [*Mikheev A. D. Problema sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya na Kavkazskikh Mineralnykh Vodakh (The problem of biodiversity conservation in the Caucasian Mineral Waters) // Problemy ekologicheskoy bezopasnosti i sokhraneniye prirodnogo resursnogo potentsiala: matly vtoroy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Yessentuki, 30 sent.–1 okt. 2005 g. (Environmental safety issues and preservation of natural resource potential. Proc. Second Int. Sci.-Pract. Conf., Essentuki, 30 Sept.–1 Oct. 2005). Stavropol: SROO Ekol. Kongress Stavropolya (Self-Regul. Org. Apprais. Environ. Congress Stavropol), 2005. P. 26–30 (in Russian).*]
- Москвич Г. Г. Кавказ. СПб., 1905. 620 с. [*Moskvich G. G. Kavkaz (Caucasus). St. Petersburg, 1905. 620 p. (in Russian).*]
- Муратов М. В. Очерк геологического строения северного склона Кавказа // Тр. Моск. геологоразвед. ин-та. 1948. Т. 23. С. 3–11 [*Muratov M. V. Ocherk geologicheskogo stroeniya severnogo sklona Kavkaza (Sketch of the geological structure of the northern slope of the Caucasus) // Tr. Mosk. geologorazved. in-ta (Proc. Moscow Geol. Explor. Inst.). 1948. V. 23. P. 3–11 (in Russian).*]
- Ноженко В. С. Типы леса высокогорной части Кисловодского лесхоза // Лесотипологические иссл. Тр. Харьков. с.-х. ин-та. 1968. Т. 71. С. 269–274 [*Nozhenko V. S. Tipy lesa vysokogornoy chasti Kislovodskogo leskhoza (Forest types in high-mountainous part of Kislovodsk forestry enterprise) // Lesotipologicheskie issl. (For. tipological stud.). Tr. Kharkov. s.-kh. in-ta (Proc. Kharkov Agr. Inst.). 1968. V. 71. P. 269–274 (in Russian).*]
- Ноженко В. С. Типы лесов Кубано-Малкинского водораздела и закономерности их формирования: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Харьков: Харьков. с.-х. ин-т им. В. В. Докучаева, 1975. 18 с. [*Nozhenko V. S. Tipy lesov Kubano-Malkinskogo vodorazdela i zakonornosti ikh formirovaniya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.03.03 (Types of forests of the Kuban-Malkinsky watershed and patterns of their formation: Cand. Agr. Sci. (PhD) thesis). Kharkov: Kharkov. s.-kh. in-t im. V. V. Dokuchaeva (Kharkov Dokuchaev Agr. Inst.), 1975. 18 p. (in Russian).*]
- Пантелеев И. Я. Современные представления о геологии и гидрогеологии района Кавказские Минеральные Воды // Тр. Центр. НИИ курортологии и физиотерапии. 1972а. Т. XXI. С. 17–33 [*Panteleev I. Ya. Sovremennye predstavleniya o geologii i gidrogeologii rayona Kavkazskie Mineralnye Vody (Contemporary ideas about geology and hydrogeology of the Caucasian Mineral Waters' region) // Tr. Tsentr. NII kurortologii i fizioterapii (Proc. Central Sci. Res. Inst. Balneol. Physiotherapy). 1972a. V. XXI. P. 17–33 (in Russian).*]
- Пантелеев И. Я. Кисловодские и другие месторождения нарзанов // Тр. Центр. НИИ курортологии и физиотерапии. 1972б. Т. XXI. С. 75–88 [*Panteleev I. Ya. Kislovodskie i drugie mestorozhdeniya narzanov (Kislovodsk and the other narzan deposits) // Tr. Tsentr. NII kurortologii i fizioterapii (Proc. Central Sci. Res. Inst. Balneol. Physiotherapy). 1972b. V. XXI. P. 75–88 (in Russian).*]
- Пантелеев И. Я., Волкова О. Ю., Ташинская А. Д. К вопросу о происхождении сероводорода в эссентукских минеральных водах // Уч. зап. гос. бальнеолог. ин-та на Кавказ. Мин. Водах. 1957. Т. 29. С. 417–429 [*Panteleev I. Ya., Volkova O. Yu., Tashinskaya A. D. K voprosu o proiskhozhdenii serovodoroda v essentukskikh mineralnykh vodakh (On the question of the origin of hydrogen sulfide in Essentuki mineral waters) // Uch. zap. gos. balneolog. in-ta na Kavkaz. Min. Vodakh (Scholarly not. st. balneol. Inst. Caucas. Min. Waters). 1957. V. 29. P. 417–429 (in Russian).*]
- Паулюкявичюс Г. Б. Роль леса в экологической стабилизации ландшафтов. М.: Наука, 1989. 212 с. [*Paulyukyavichyus G. B. Rol lesa v ekologicheskoy stabilizatsii landshaftov (Role of forests in the maintenance of ecological stability of landscapes). Moscow: Nauka, 1989. 212 p. (in Russian with English abstract).*]
- Перельман А. И. Биокосные системы Земли. М.: Наука, 1977. 160 с. [*Perelman A. I. Biokosnye sistemy Zemli (Bioinert systems of the Earth). Moscow: Nauka, 1977. 160 p. (in Russian).*]
- Перельман А. И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с. [*Perelman A. I. Geokhimiya prirodnikh vod (Geochemistry of natural waters). Moscow: Nauka, 1982. 154 p. (in Russian).*]
- Плато Бермамыт // My travel book, 2020 [Plato Bermamyt (Plateau Bermamyt) // My travel book, 2020 (in Russian)].
- Погорельский Н. С. Углекислые воды большого района Кавказских Минеральных Вод. Ставрополь: Ставропол. кн. изд-во, 1973. 390 с. [*Pogorelskiy N. S. Uglekislye vody bolshogo rayona Kavkazskikh Mineralnykh Vod (Carbonic waters of the large area of the Caucasian Mineral Waters). Stavropol: Stavropol. kn. izd-vo, 1973. 390 p. (in Russian).*]

- (Carbonic waters of a large region of the Caucasian Mineral Waters). Stavropol: Stavropol. Book Publ., 1973. 390 p. (in Russian)].
- Полынов Б. Б. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 751 с. [Polynov B. B. Izbrannye Trudy (Selected works). Moscow: Izd-vo AN SSSR (USSR Acad. Sci. Publ.), 1956. 751 p. (in Russian)]. http://www.mytravelbook.org/objects/plato_bermamyt/
- Постановление Совета Министров РСФСР «О мероприятиях по дальнейшему развитию хозяйства курортов и городов Кавказских Минеральных Вод» от 20 августа 1956 г. № 575 [Postanovleniyu Soveta Ministrov RSFSR «O meropriyatiyakh po dalneyshemu razvitiyu khozyaystva kurortov i gorodov Kavkazskikh Mineralnykh Vod» ot 20 avgusta 1956 g. N. 575 (Resolution of the Council of Ministers of the RSFSR «On measures for the further development of the economy of resorts and cities of the Caucasian Mineral Waters» dated August 20, 1956 N. 575) (in Russian)].
- Райс Р. Дж. Основы геоморфологии. М.: Прогресс, 1980. 574 с. [Rays R. J. Osnovy geomorfologii (Fundamentals of geomorphology). Moscow: Progress, 1980. 574 p. (in Russian)].
- Соколов А. А. Динамика ионного и твердого стока с безлесного и лесного водосборов // Гидрологические исследования в лесу. М.: Наука, 1970. С. 119–128 [Sokolov A. A. Dinamika ionnogo i tverdogo stoka s bezlesnogo i lesnogo vodosborov (Dynamics of ionic and solid runoff from treeless and forest catchments) // Gidrologicheskie issledovaniya v lesu (Hydrological studies in the forest). Moscow: Nauka, 1970. P. 119–128 (in Russian)].
- Сукачев В. Н. Растительные сообщества (введение в фито-социологию). 4-е изд., доп. Л.; М.: Книга, 1928. 232 с. [Sukachev V. N. Rastitelnye soobshchestva (vvedenie v fitotsotsiologiyu). 4-e izd., dop. (Plant communities (introduction to phytosociology). 4th ed., suppl.). Leningrad; Moscow: Kniga (Book), 1928. 232 p. (in Russian)].
- Терре Н. И. О некоторых местонахождениях березы Радде в долинах рек Кумы и Подкумка // Флора и заповедное дело на Кавказе: история и современное состояние изученности: мат-лы Междунар. конф., Пятигорск, 22–25 мая 2019 г. Пятигорск: Пятигорск. краевед. музей, 2019. С. 100–101 [Terre N. I. O nekotorykh mestonakhzhdeniyakh berezy Radde v dolinakh rek Kumy i Podkumka (Some localities of the Radde birch in the valleys of the Kuma and Podkumka rivers) // Flora i zapovednoe delo na Kavkaze: istoriya i sovremennoe sostoyanie izuchennosti: mat-ly Mezhdunar. konf., Pyatigorsk, 22–25 maya 2019 g. (Flora and nature reserve in the Caucasus: history and current state of knowledge: Proc. Int. Conf., Pyatigorsk, 22–25 May, 2019). Pyatigorsk: Pyatigorsk. kraeved. muzey (Pyatigorsk Museum), 2019. P. 100–101 (in Russian)].
- Федеральный закон «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации» от 04.11.2006 г. № 201-ФЗ [Federalny zakon «O vvedenii v deystvie Lesnogo kodeksa Rossyskoy Federatsii» ot 04.11.2006 g. N. 201-FZ (Federal Law «On the Enactment of the Forest Code of the Russian Federation» dated 04.11.2006, N. 201-FL) (in Russian)].
- Щербakov А. В. Кавказские Минеральные Воды. Ставрополь: ГУП СК «Ставропол. краевая типогр.», 2003. 184 с. [Shcherbakov A. V. Kavkazskie Mineralnye Vody (Caucasian Mineral Waters). Stavropol: GUP SK «Stavropol. kraevaya tipogr.», 2003. 184 p. (in Russian)].
- Щербakov А. В. Сокровища озера Большой Тамбукан: научно-популярный очерк. Ессентуки, 2008. 81 с. [Shcherbakov A. V. Sokrovishcha ozera Bol'shoi Tambukan: nauchno-populyarny ocherk (The treasures of the Big Tambukan Lake: popular science essay). Essentuki, 2008. 81 p. (in Russian)].

THE ROLE OF FOREST IN GEOECOLOGICAL SYSTEM OF THE CAUCASIAN MINERAL WATERS

A. P. Kazankin

Caucasian Mountain Society

Bratyev Bernardazzi str., 2, Pyatigorsk, Stavropol Krai, 357501 Russian Federation

E-mail: kazankin@list.ru

The created forest plantations of 9424 hectares in the area of nutrition of mineral springs and around the resort towns of the Caucasian Mineral Waters excluded the pollution of ground and surface waters with fertilizers, created conditions for the growth of edible fungi, transferred the surface runoff to the soil, and prevented soil deflation. Soil solution from soils around Mashuk mountain, reaching hot mineral water, increases the formation of hydrogen sulfide by 6 times. The stands created conditions for the accumulation of iron, its migration to Lake Tambukan, which is necessary for the formation of healing mud. To normalize the natural conditions for the formation of healing waters, it is necessary to restore and preserve the native types of vegetation. It is revealed that native and preserved forests grew and grow on the slopes of the hydrographic system. The destroyed forests led to the formation of dangerous geological processes on the slopes and reduced the permeability of soils in the feeding area of the Tithonian stage. Protected are the indigenous subalpine meadows that covered and cover the watershed plateau-like surfaces in the upper reaches of the Berezovaya, Alikonovka and Dzhinalskiy ridge rivers. The Pasture Ridge is a barrier for broad-leaved species, and the upper (southern) climatic boundary of the oak *Quercus* L. does not exceed 940 m. To the south of the ridge, pine-small-leaved forests naturally grow. To normalize the nutritional conditions of the Tithonian stage it is necessary to restore planted and destroyed stands on the southern slope of the Kabardinsky ridge. Here, the flow (draining the underground waters of the Tithonian and Valanginian) should be directed outside the local underground drainage basin along one of the terraces created earlier for water infiltration by the rocks of the Tithonian. The absence of forest on three diapir mountains is explained by weakly expressed magmatogenic folds and the other forms of relief, as well as by the phytocenotic isolation of meadow and steppe vegetation.

Keywords: *forest stands, ground waters, soil solution, climatic conditions, upper forest boundary, mountains-diapirs, magmatogenic folds, phytocenotic isolation.*

How to cite: *Kazankin A. P. The role of forest in geoecological system of the Caucasian Mineral Waters // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2021. N. 2. P. 103–119 (in Russian with English abstract and references).*