

УДК 574.4

ПОВЕДЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ И РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ ХЕМЧИКСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ТУВА)

Ондар С.О., Очур-оол А.О., Чульдум А.Ф., Ондар Д.С.

ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», Кызыл, e-mail: tgu@tuvsu.ru

Проведен анализ поведения химических элементов в природных средах и биогеохимические показатели растительного покрова Хемчикской котловины (Западная Тува). Выявлено наличие линейной зависимости некоторых элементов от кислотно-щелочных показателей почвы, формирование сложных взаимосвязей между химическими элементами на территориях, отнесенных к техногенным аномалиям. В других районах эта закономерность не проявляется. В придолинных почвах в аккумулятивной части ландшафта (Сут-Хольский район) происходит увеличение содержания некоторых химических элементов, в том числе тяжелых металлов. Аномально высокое содержание некоторых химических элементов отмечено в растительном покрове техногенных аномалий (Бай-Тайгинский район, пос. Кара-Холь). Котловина относится к йоддефицитным территориям. В целом содержание элементов не превышает или близки околочларковым их значениям.

Ключевые слова: биогеохимия, природная среда, техногенные аномалии, тяжелые металлы

THE BEHAVIOR OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE NATURAL ENVIRONMENTS AND VEGITATION OF THE KHEMCHIK BASIN (TUVA)

Ondar S.O., Ochur-ool A.O., Chul'dum A.F., Ondar D.C.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education, «Tuvan State University», Kyzyl, email: tgu@tuvsu.ru

An analysis conducted on the behavior of the chemical elements in the natural environments and biogeochemical indicators of vegetation of the Khemchik Basin (Western Tuva) revealed the presence of linear dependence of certain elements from acid-base parameters of the soil, forming complex relationships between the chemical elements in the territories, which relate to man-made anomalies. In other regions this pattern did not appear. In riverside soils of the accumulative portion of the landscape (Sut-Khol' Region) an increase in the contents of certain chemical elements, including heavy metals, took place. Abnormally high levels of certain chemical elements were marked in the vegetation of man-made anomalies (village of Kara-Khol' of the Bai-Taiga Region). The basin is part of the iodide-deficient territories. Overall, the concentration of the elements does not exceed or come close to their clark values.

Keywords: biogeochemistry, natural environments, man-made anomalies, heavy metals

Хемчикская котловина сформировалась в результате новейшего орогенного этапа развития рельефа Алтае-Саянской области – альпийского тектогенеза, начавшегося в конце антропогена, сильно расчленившего поверхность стабилизировавшегося пенеплена как по линиям древних разломов, так и по новым [14]. Последние обусловили блоковые поднятия, уже достаточно чётко выявившие основные черты современного рельефа Тувы и Алтая. Это оформление Саян, образование горстового хр. Западный Танну-Ола [5]. В это же время в результате слабых восходящих движений сформировался ряд внутригорных впадин в Тувинской котловине, обособивших Хемчикскую, Улуг-Хемскую и Кызылскую впадины поднявшимися низкогорными грядами – Адар-Тош и Берт-Даг. К этому же времени принято относить образование водораздела между сибирским и монгольским направлениями стока [8].

Таким образом, начавшаяся в конце плиоцена главная фаза неотектонических движений привела к образованию ультраглубинной впадины Тувинской котловины (Хемчикская котловина является юго-западной её оконечностью) и её горного обрамле-

ния [15]. Перестройка рельефа, приведшая к образованию горных систем – природных рубежей, задерживающих перенос воздушных масс. Эти события привели к существенным изменениям климатической обстановки не только в регионе, но и в глобальном масштабе [1].

Основной поток влажных воздушных масс, переваливший за Саяны, оставляет значительную часть осадков на наветренных склонах гор Восточно-Тувинского нагорья. Эта часть территории Тувы относится к наиболее гумидным районам – здесь выпадает до 1000 мм осадков в год. Миновав преграду в виде горных хребтов, этот же самый воздух, но теперь уже холодный и сухой, опускается и, нагреваясь, вбирает в себя большую часть доступной влаги на подветренной стороне гор. Осушающее действие этих тёплых сухих воздушных масс проявляется на многие километры за хребтом, обуславливая наличие засушливых ландшафтов на юго-западе Тувы (Улуг-Хемская котловина – входит в структуру Тувинской котловины), оставляя ничтожные количества осадков в сухих межгорных котловинах (от 210 до 300 мм в год).

По пути дальнейшего следования воздуха по направлению к югу, на территории Тувы выступает вторая широтно ориентированная горная система – хр. Танну-Ола, формирующий повторный эффект дождевой тени, вызывая оформление на южных склонах полупустынных и опустыненных экосистем [2].

Наиболее экстремальный гидротермический режим создаётся в дождевой тени экранирующих хребтов. Это, в частности, юго-западная часть Хемчикской котловины, где сумма осадков достигает 80–150 мм в год. С другой стороны, создаются оптимальные условия на наиболее удалённых от магистральных хребтов, горных возвышениях, где транзитные воздушные потоки верхнего яруса тропосферы оставляют большую часть своей влаги. Особенно усиливается циклоническая деятельность на наветренных по отношению к влагонесущим потокам покатостях хребтов, испытавших перегибы в осевых частях склонов. Подобные орографические деформации, по мнению климатологов [6], усиливают процессы формирования подвижных циклонов на атмосферных фронтах. Такие ситуации создаются на северных макросклонах восточных отрогов Западно-Танну-Ольского хребта, где выпадает до 700–800 мм осадков, тогда как на шлейфах южного макросклона этих хребтов выпадает всего около 100–150 мм.

Таким образом, сложно организованная орография территории, располагающаяся в антициклоническом фазе крупнейших горных сооружений юга Сибири – Саян и Центрального Алтая занимает особое положение. Это выражается, с одной стороны, в значительной степени недоступности территории воздействию влажных воздушных масс западного переноса; с другой, открытости региона мощным влияниям аридного и экстрааридного климата Центральной Азии. Влияние восточного муссона на гидротермический режим территории крайне низкое, что обусловлено резким нарастанием аридности климата в пустынных котловинах северо-западной Монголии [2].

В целом регион Тувы в общей схеме циркуляции атмосферных явлений на Евразийском континенте относится к переходным. Характерное здесь ослабление долготных атмосферных процессов усиливает роль широтного стока по перемещиванию воздушных масс [6]. Последний в значительной степени стимулирует прорыв к северу сухих и теплых потоков с пустынных котловин западной Монголии, тогда как проникновение с севера влажных и холодных воздушных течений затруднено из-за мощной стены Саянского хребта.

Сложный по структуре рельеф и контрастный климатический режим территории определяет большое разнообразие и пространственную однородность почвенного покрова Тувы. Однако для всех типов почв характерна малая мощность, что определяет слабое развитие химического выветривания, преобладание физического разрушения горных пород. Замедленность процессов химического выветривания, связанная с особенностями водно-теплового режима в условиях резкой континентальности климата, обусловлена чрезвычайной кратковременностью периода функциональной (биологической) активности почв, ограниченной лишь наиболее теплым и влажным временем середины и конца лета [3]. С другой стороны, активизация процессов физического выветривания вовлекает в почвообразование весь спектр сложного по литологическому составу коренных пород.

Равнинные пространства в котловинах обрамлены разнообразными по форме и контрастными в ландшафтном отношении горным рельефом. Здесь создается особый тип географической среды. Не случайно почвоведы обосновывают выделение особого класса горно-степных (или горно-каштановых) почв [9; 12]. К числу важнейших генетических особенностей горно-каштановых (каштановых и черноземных) почв относятся постоянная молодость почв, малая мощность профиля (до 40 см) и неполная развитость почвенного профиля. В верхних поясах аридных гор Тувы в полосе контакта тундровых и степных ландшафтов, формируются своеобразные почвы – высокогорно-степные грубогумусные [4].

В соответствии с особыми условиями формирования высокогорно-степных почв столь же своеобразны растительные сообщества, на них развивающиеся. Эти оригинальные по структуре и составу степи относятся к особому типу – криоаридно-степному.

В Хемчикской котловине (800–900 м над у.м.) зональный тип представлен южным вариантом сухих дерновиннозлаковых степей с господством змеевки (*Clitistogenes squarrosa*), ковыля Крылова (*Stipa krylovii*), житняка (*Agropyron cristatum*), лапчатки бесстебельной (*Potentilla acaulis*) на каштановых и светло-каштановых почвах [7]. К числу важнейших сопутствующих видов перечисленных формаций относятся *Allium vodopianovae*, *Astragalus stenoceras*, *A. Laguroides*, *Convolvulus Ammanii*, *Heteropappus alnaicus* и др. Характерным ландшафтным видом является карагана карликовая (*Saragana pugnata*) [7, 13]. На денудационных поверхностях вершин

останцов, крутых склонов, окаймляющих котловину и возвышения, заняты плаунковыми и каменистыми разнотравно-злаковыми сообществами [7].

Хемчикская котловина представляет интерес также и для исследования биогеохимической ситуации как территория, которая подвергается существенному загрязнению различного происхождения химическому загрязнению в сравнении с остальной частью Тувы. До недавнего времени в г. Ак-Довурак (Барун-Хемчикский район) длительное время работал на полной мощности, в настоящее время в ограниченных режимах, Ак-Довуракский асбестовый комбинат. Территория в настоящее время является районом падения тяжелых ракет-носителей «Протон» (Бай-Тайгинский район). Котловина удобна в проведении сравнительных исследований с учетом биогеохимической ситуации не подверженных техногенному загрязнению районов (Сут-Хольский и Дзун-Хемчикский районы).

Данные о биогеохимической ситуации (макро- и микроэлементы, в т.ч. содержание некоторых тяжелых металлов) могут быть использованы, во-первых, как относительный контроль в сравнительных исследованиях здоровья населения, во-вторых, для изучения геохимических маркеров структуры заболеваемости населения и, в-третьих, для сравнительной экологической характеристики различных территорий и экосистем.

Мы оценили поведение микроэлементов, основных макроэлементов и тяжелых металлов на различных средах (почва, вода) и в растениях в течение 7 последних лет.

Материалы и методы исследований

Материал в виде образцов для последующего химического анализа (всего 21 параметр и наименования химических элементов для определения их валового и подвижного содержания в природных средах и растениях) отбирался ежегодно на одних и тех же точках. Определялись валовое содержание и подвижные формы Cu, Mn, Co, Zn, Pb, Cd, Ni, Al, Ba, Cr, Fe, Li, Mg, Sr и Ca, P, K, N₂ (ионы аммония и нитраты), гумус, рН, механический состав почвы. Всего отобраны и проанализированы более 300 образцов. Был использован трансектный метод закладки точек отбора (расположение точек исследования и отбора проб на условной прямой линии от высокой точки к низкой точке над у.м.) на территории четырех районов, расположенных в Хемчикской котловине (юго-западная Тува). Из четырех районов – Барун-Хемчикский и Бай-Тайгинский, отнесены к территориям с региональным промышленным производством, а территории остальных районов (Сут-Хольский и Дзун-Хемчикский) отнесены к относительно не подвергающимся существенным техногенным загрязнениям.

Отбор проб для лабораторного исследования проводился традиционными методами: почвенные

образцы отбирались с почвенных разрезов до 1 м и припопок до 0,5 м; водные образцы отбирались из толщи воды с глубины не менее 1 м; образцы растительного материала отбирались с места отбора почвенных проб с площади 1 м² путем укоса надземной части растений. Повторность составляла не менее 30 образцов с каждого участка.

Для изучения взаимного возможного корреляционного влияния валового состава, а также подвижных форм изучаемых микроэлементов и тяжелых металлов были подобраны линейные множественные регрессионные модели с минимальным числом независимых факторов. Для этого применили метод «пошагового включения-исключения факторов» (использовали функцию STEPWISEFIT математического пакета МАТЛАБ). Суть метода заключается в том, что составляется по возможности простая по количеству независимых переменных, с одной стороны, и лучшая по качеству регрессионная модель, с другой. Для этого используется специально составленная быстрая процедура включения и исключения факторов модели.

Анализ почвенных образцов проводился в агрохимической лаборатории «Тувинская» Республики Тыва, Центре коллективного пользования Сибирского федерального университета, Центре коллективного пользования Тувинского государственного университета. Для определения элементного состава объектов окружающей среды использованы: атомно-адсорбционные спектрометры Analyst 600 и Analyst 800 фирмы Perkin-Elmer и Sollar 6M фирмы Thermo scientific; атомно-эмиссионные спектрометры Optima 5300 фирмы Perkin-Elmer и ICAP 6500 фирмы Thermo scientific. Для определения органических веществ различного происхождения и/или их идентификации применяли: хромато-масс-спектрометр фирмы Agilent, спектрофотометры Cary 100, Cary 5000 Eclipse фирмы Varian, ИК-спектрометр Nicolet фирмы Thermo scientific, спектрофлюориметры LS 55 и спектрофотометры Lambda 950 фирмы Perkin-Elmer.

Результаты исследований и их обсуждение

В почвах на высокогорье вблизи оз. Кара-Холь и одноименного поселка (Бай-Тайгинский район) содержание подвижных форм тяжелых металлов (Cd, Pb) зависит от гумуса, в окрестностях оз. Сут-Холь (высокогорье) такая зависимость выражается слабо, но все же некоторая связь со структурой почвы присутствует (Сут-Хольский район). По крайней мере, на высокогорном участке Кара-Холь отмечается прямая линейная зависимость содержания химических элементов от гумуса. Наличие такой зависимости может говорить о существовании общих в поведении химических элементов процессов. Валовое содержание меди на Кара-Хольском участке тесно связано с Mn, Co (микроэлементы), Cd, Ni (тяжелые металлы) и I. Как известно, основным источником поступления доступного йода в материковых почвах является морская вода и его транспорт вглубь материков глобальными атмосферными потоками. Взаимосвязь содержания микроэлементов

тов, основных макроэлементов и тяжелых металлов с йодом может свидетельствовать об общем источнике их поступления в природные среды. Можно предположить, что основным источником поступления их и локализация в верхнем гумусовом горизонте, а также основным путем их миграции являются глобальные атмосферные потоки. Такое поведение химических элементов может являться свидетельством техногенного их происхождения и наличия путей трансграничного их переноса.

С присутствием в почве фосфора тесно связано содержание подвижных форм марганца и цинка, а калия – подвижных форм свинца и никеля. Содержание азота проявляет тесную прямую зависимость с присутствием Ni, Cu, Co. На Бай-Тайгинском и Барун-Хемчикском районах отмечается наличие сложных и многообразных корреляционных отношений химических элементов, что может свидетельствовать о высокой активности подвижных форм химических элементов. Для биологических систем любого уровня организации характерно усиление коррелятивных зависимостей между переменными величинами при наличии внешних возмущающих эффектов. Можно предполагать, что причиной такой ситуации может являться наличие техногенных источников поступления вещества в природные среды. В Сут-Хольском и Дзун-Хемчикском районах такое поведение химических элементов не отмечается или зависимости выражены слабо. В Сут-Хольском районе (самая низкая точка н.у.м. в котловине) в придолинных почвах отмечаются довольно высокие валовые содержания и подвижных форм некоторых тяжелых металлов (Pb), валового и подвижного содержания микроэлементов (B, Zn, Co, Mn, Cu), что может свидетельствовать о наличии путей их горизонтальной миграции в аккумулятивную часть ландшафта.

Практически во всех точках отбора почвенных проб отмечается зависимость содержания микроэлементов и тяжелых металлов от содержания основных макроэлементов – фосфора, калия, азота. Эта особенность поведения химических элементов отмечалась и ранее [10, 11]. По данным поведения тяжелых металлов, а также йода, можно заключить, что основными факторами, влияющими на их содержание в почвах, являются их щелочно-кислотные свойства и содержание гумуса. Для кадмия, свинца и йода зависимость между pH почв и их содержания почти линейная, т.е. в кислых высокогорных и щелочных равнинных (каштановых) почвах

их содержание отличаются на порядок, и устанавливается четкий градиент, ориентированный от высоких точек ландшафта к низким. При этом критические значения содержания йода в почвах отмечаются равнинной части ландшафта. Особенно острая недостаточность йода характерна для Барун-Хемчикского района. Намного лучше обеспеченность йодом в котловине отмечается в почвах Сут-Хольского района (высокогорные, горно-степные). В равнинной части района отмечается крайняя недостаточность обеспеченностью йодом. Нужно сказать, что вся котловина относится к территориям с крайним иодным дефицитом.

В целом средние уровни содержания элементов в почвах котловины за исключением йода, соответствуют наиболее часто встречающимся околочларковым значениям или же немного ниже их.

В природных водах отмечаются довольно низкое валовое содержание макро- и микроэлементов или их отсутствие в водных пробах. Достаточно высокая степень минерализации характерна для рек Барун-Хемчикского и Бай-Тайгинского районов, в том числе оз. Кара-Холь (Бай-Тайгинский район). В связях между отдельными элементами не устанавливаются каких-либо четких закономерностей. В пределах Барун-Хемчикского района в речной системе р. Хемчик отмечается некоторое увеличение содержания бария и стронция. В водах высокогорного ледникового происхождения озер Кара-Холь (Бай-Тайгинский район), Сут-Холь (Сут-Хольский район) наблюдается несколько высокое содержание некоторых химических элементов – Al, Ba, Cu, Fe, R, Mg, Mn, Ni, Pb, Sr и их можно рассматривать как зоны их аккумуляции. В речной системе левых притоков бассейна р. Хемчик на территории Сут-Хольского района отмечается низкая минерализация, низкие значения зависимостей содержания химических элементов друг от друга. Исходя из отмеченных особенностей содержания химических элементов, нельзя исключать роль природных вод (рек) как одного из миграционных путей вещества в котловине.

В растениях во всех точках отбора отмечаются высокие корреляционные зависимости содержания макро- и микроэлементов, что может свидетельствовать о высокой степени вовлеченности всех попадающих в организм элементов в различные биохимические процессы. Довольно тревожная ситуация характерна для проб растений из высокогорной части Бай-Тайгинского района, где отмечаются

аномально высокое, в десятки раз превышающее среднее их содержание в почвах, сильно варьирующие показатели некоторых тяжелых металлов – Pb, Cd, Ni и Zn. Единственное объяснение ситуации – техногенные причины, и территория может быть отнесена к локальной техногенной аномалии, где происходит перестройка структуры природных геосистем и загрязнение долинных экосистем р. Алаш и р. Хемчик. Возникли высококонтрастные лито-, гидро-, и биогеохимические потоки рассеяния Cu, Mn, Co, Zn, Pb, Cd, Ni. Эти потоки по долинам рек Алаш и Хемчик могут иметь протяженность более 60 км. Экологическое состояние техногенных геосистем хорошо отражают биогеохимические показатели. В целом накопление химических элементов, особенно тяжелых металлов, в растениях без учета индивидуальной избирательности отдельных видов и разных их депонирующих возможностей, незначительны.

Анализ поведения химических элементов в различных природных средах, а также в начальном звене биологического круговорота – в растениях позволяет сделать вывод о возможной роли эколого-биогеохимических факторов на здоровье населения Хемчикской котловины.

Предварительный анализ зависимости структуры заболеваний в Хемчикской котловине показал своеобразие по некоторым формам болезней по сравнению с структурой заболеваемости по всей республике. Анализ проводился по данным статистической отчетности ТЫВАСТАТА за период с 2001 по 2010 годы (на 1000 человек). Достоверно высока доля в структуре заболеваемости детского населения Дзун-Хемчикского и Сут-Хольского районов болезнями эндокринной системы, взрослого населения – болезнями органов дыхания, инфекционными и паразитарными заболеваниями (Барун-Хемчикский и Бай-Тайгинский районы), болезнями эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (Сут-Хольский район) по сравнению с остальной республикой.

К сожалению, полный анализ ситуации не представлялся возможным из-за неполноты сведений о состоянии здоровья населения в официальных отчетах конкретных населенных пунктов на территории районов, и это задача будущих исследований.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Архипов С.А., Шелкопляс В.Н. Термолуминесцентный возраст западносибирских оледенений // Проблемы стратиграфии и палеогеографии плейстоцена Сибири. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 10–17.
2. Дубровский Н.Г., Ондар С.О. Орографическая схема территории Тувы как фактор, определяющий местный климат. Экология и рациональное природопользование. – 2007. – № 12. – С. 144–146
3. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. – М.: Изд-во АН СССР. – 1963. – 314 с.
4. Максимович С.В., Ногина Н.А. Почвы высокогорий // Почвенный покров и почвы Монголии. – М.: Наука, 1984. – С. 88–99.
5. Маслов В.П. Происхождение и возраст хребта Танну-Ола в Убсанурской котловине (Южная Тува) // Землеведение. – Изд. МОИП, 1948. – Т. 2. – Вып. 42.
6. Михайлов А.Ю., Золотокрылин А.Н., Гунин П.Д. Циркуляционные и орографические факторы выпадения летних осадков на юго-западе Монголии // Природные условия, растительный покров и животный мир Монголии. Сб. научных трудов. – Пушино. – НЦБИ АН СССР, 1988. – С. 38–45.
7. Намзалов Б.Б. Степи Южной Сибири. – Новосибирск. – Улан-Удэ. – 1994. – 309 с.
8. Обручев С.В. Восточная часть Саяно-Тувинского нагорья в четвертичное время // Изв. ВГО. – 1953. – Т. 85. – Вып. 5.
9. Носин В.А. Почвы Тувы. – М.: Изд-во СССР, 1963. – 342 с.
10. Ондар С.О. Проблемы химического загрязнения в Республике Тыва и здоровье населения. Проблемы развития и сохранения тувинского генофонда. – Томск, 2000. – С. 68–73.
11. Очур-оол А.О., Ондар У.В., Ондар С.О., Лосев В.Н. Ландшафтно-геохимическая оценка фонового содержания тяжелых металлов в почвах Хемчикской котловины (западная Тува). Вестник ТувГУ, вып. 2. Естественные и сельскохозяйственные науки. – 2010. – С. 25–28.
12. Панкова Е.И. О применении терминов «горные» и «равнинные» к каштановым почвам Монголии // Изв. АН СССР. – Сер. географ., 1964. – № 5. – С. 77–79.
13. Соболевская К.А. Основные моменты истории формирования флоры и растительности Тувы с третичного времени // Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.-Л. – Изд-во АН СССР. – 1958. – Вып. 3. – С. 249–315.
14. Чернов Ю.И. Среда и сообщество тундровой зоны // Сообщества Крайнего Севера и человек. – М., 1985.
15. Шнитников А.В. Изменчивость увлажненности материков северного полушария // Зап. геогр. об-ва СССР. Нов. сер. – Л., 1957. – Т. 16. – 337 с.

References

1. Arhipov S.A., Shelkopljas V.N. Termoluminescentnyj vozrast zapadnosibirskih oledenenij // Problemy stratigrafii i paleogeografii plejstocena Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1982. pp. 10–17.
2. Dubrovskij N.G., Ondar S.O. Orograficheskaja shema territorii Tuvy kak faktor, opredelajushhij mestnyj klimat. Jekologija i racional'noe prirodopol'zovanie. 2007. no. 12. pp. 144–146
3. Kononova M.M. Organicheskoe veshhestvo pochvy. M.: Izd-vo AN SSR. 1963. 314 p.
4. Maksimovich S.V., Nogina N.A. Pochvy vysokogorij // Pochvennyj pokrov i pochvy Mongolii. M.: Nauka, 1984. pp. 88–99.

5. Maslov V.P. Proishozhdenie i vozrast hrebta Tannu-Ola v Ubsanurskoj kotlovine (Juzhnaja Tuva) // *Zemlevedenie*. Izd. MOIP, 1948. T. 2. Vyp. 42.
6. Mihajlov A.Ju., Zolotokrylin A.N., Gunin P.D. Cirkuljacionnye i orograficheskie faktory vypadenija letnih osadkov na jugo-zapade Mongolii // *Prirodnye uslovija, rastitel'nyj pokrov i zhivotnyj mir Mongolii*. Sb. nauchnyh trudov. Pushhino. NCBI AN SSR, 1988. pp. 38–45.
7. Namzalov B.B. Stepi Juzhnoj Sibiri. Novosibirsk. Ulan-Udje. 1994. 309 p.
8. Obruchev S.V. Vostochnaja chast' Sajano-Tuvinskogo nagor'ja v chetvertichnoe vremja // *Izv. VGO*. 1953. T. 85. Vyp. 5.
9. Nosin V.A. Pochvy Tuvy. M.: Izd-vo SSSR, 1963. 342 p.
10. Ondar S.O. Problemy himicheskogo zagrjaznenija v Respublike Tyva i zdorov'e naselenija. Problemy razvitija i sohraneniya tuvinskogo genofonda. Tomsk, 2000. pp. 68–73.
11. Ochur-ool A.O., Ondar U.V., Ondar S.O., Losev V.N. Landshaftno-geohimicheskaja ocenka fonovogo sodержanija tjazhelyh metallov v pochvah Hemchikskoj kotloviny (zapadnaja Tuva). *Vestnik TuvGU*, vyp. 2. Estestvennye i sel'skohozjajstvennye nauki. 2010. pp. 25–28.
12. Pankova E.I. O primenenii terminov «gornye» i «ravniny» k kashtanovym pochvam Mongolii // *Izv. AN SSSR. Ser. geograf.*, 1964. no. 5. pp. 77–79.
13. Sobolevskaja K.A. Osnovnye momenty istorii formirovanija flory i rastitel'nosti Tuvy s tretichnogo vremeni // *Materialy po istorii flory i rastitel'nosti SSSR*. M.-L. Izd-vo AN SSR. 1958. Vyp. 3. pp. 249–315.
14. Chernov Ju.I. Sreda i soobshhestvo tundrovoj zony // *Soobshhestva Krajnego Severa i chelovek*. M., 1985.
15. Shnitnikov A.V. Izmenchivost' uvlazhnennosti materikov severnogo polusharija // *Zap. geogr. ob-va SSSR*. Nov. ser. L., 1957. T. 16. 337 p.

Рецензенты:

Дубровский Н.Г., д.б.н., профессор, декан естественно-географического факультета Тувинского государственного университета, г. Тува;

Эрдыниева Л.С., д.м.н., профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Тувинского государственного университета, г. Тува.

Работа поступила в редакцию 31.01.2014.