

УДК 574.24:504.5:502.64

ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК *LONICERA CAERULEA* В ТЕКТЕНИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ЗОНЕ ДОЛИНЫ р. ДЖАЗАТОР (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

© 2011 г. И.Г. Боярских¹, С.А. Худяев², С.Г. Платонова³, С.П. Колотухин⁴,
А.В. Шитов⁵, Т.А. Кукушкина¹, О.В. Чанкина⁶

¹ Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³ Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

⁴ ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского», г. Москва, Россия

⁵ Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, Россия

⁶ Институт химической кинетики и горения СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Выявлено влияние локальных геофизических и геохимических аномалий в тектонически активном районе Горного Алтая (бассейн р. Джазатор) на полиморфизм вкусовых вариаций и формы плодов и содержание отдельных групп биологически активных веществ в листьях *Lonicera caerulea*.

Ключевые слова: *Lonicera caerulea*, изменчивость, адаптивная реакция, флавонолы, элементный состав, радионуклиды, тектонически активная зона, границы тектонических блоков, геомагнитные аномалии.

PASC 91.25.fd, 91.25.Rt, 91.32.Jk, 91.62.Kt, 91.62.Mn, 91.62.Uv, 91.67.Uv

Введение

Сравнение биологических реакций на воздействие различных природных и антропогенных факторов всегда привлекало внимание экологов. Один из интереснейших малоизученных природных эффектов – адаптивная реакция растений на воздействие стрессовых факторов, связанных с современными тектоническими процессами.

При изучении в 2004–2008 гг. популяционной изменчивости *Lonicera caerulea* subsp. *altaica* (Pall.) Gladkova (жимолость синяя алтайская) и *L. caerulea* subsp. *pallasii* Ledeb. (жимолость синяя Паласса) в различных по экологическим условиям произрастания районах Горного Алтая была отмечена реакция растений на проявления активной разломной тектоники [Boyariskikh, Shitov, 2010]. Так, на отдельных участках, находящихся в зонах активного тектонического разлома (на стыке Курайской степи и Северо-

Чуйского хребта), в микропопуляциях *L. caerulea* subsp. *altaica* наблюдалось увеличение дисперсии наиболее стабильных признаков, в том числе высокий полиморфизм вкусовых вариаций плодов жимолости, вследствие чего увеличивалась встречаемость растений с безгоречными плодами. Здесь же отмечалось увеличение суммарного содержания флавонолов в листьях [Боярских, Кукушкина, 2009]. Поскольку для многих видов растений показано, что наибольший уровень внутривидовой изменчивости наблюдается в неблагоприятных для данного вида условиях и является результатом адаптивных реакций биологических систем на изменившиеся условия существования [Мамаев, 1973], полученные результаты указывают на вероятность стрессового воздействия тектонических (в том числе сейсмических) процессов, происходящих в пределах тектонически активных зон Горного Алтая на развитие растений.

Горы Алтая характеризуются высокой неоднородностью геологической среды. Современная тектоническая активность территории находит отражение в сейсмичности региона, проявляющейся в пределах нескольких эпицентральных зон. Эпицентральные зоны Алтая представляют собой линейные зоны тектонических разломов, на формирование общего плана которых в свою очередь оказывает влияние мелкоблоковый характер современной тектонической структуры горной страны. Так, на участках сочленения разнонаправленных разломных зон различного иерархического уровня, а также на границе тектонических блоков, отличающихся по контрастности современных тектонических движений, формируются структурные узлы («узловые структуры», по А.И. Полетаеву [1992]), которые характеризуются повышенной (даже по отношению к разломной зоне) трещиноватостью и проницаемостью горных пород. Вследствие интенсивной восходящей миграции флюидов (водных растворов, газовых эманаций) здесь могут быть локализованы геофизические, геохимические, газовые и гидрологические аномалии [Флоринский, 2001].

Для изучения адаптивной реакции растений на геохимические и геофизические процессы на участках структурных узлов в пределах тектонически активных горных территорий, а также выявления биохимических и морфологических признаков изменений, происходящих под их влиянием, были проведены комплексные исследования в бассейне р. Джазатор.

Объект и методы исследований

Объект исследования

Долина р. Джазатор расположена в Кош-Агачском районе Республики Алтай. Исследования реакции растений на изменения геохимических и геофизических характеристик среды проводились в пределах правого и левого берегов долины р. Джазатор (участки Кук-Карагай, Тангыт, Ильдыгем, Узургу, Тюнь, Джазатор, Беяши), а также на реках Аргут и Ак-Алаха, на участках структурных узлов сочленения тектонически активной магистральной зоны, трассируемой долиной Джазатора, с разнонаправленными разломами более низкого иерархического ранга. Последние могут иметь как локальный характер границ между отдельными относительно небольшими тектоническими блоками, так и являться отражением регионального поля напряжения западной части Алтайской горной страны (рис. 1).

В качестве модельного вида был рассмотрен *L. caerulea*, представленный в районе исследований двумя подвидами: *L. caerulea* subsp. *altaica* и *L. caerulea* subsp. *pallasii* (табл. 1). В популяции жимолости синей на участке Тюнь были выделены микропопуляции, расположенные на локальных микроучастках (Тюнь-1а, Тюнь-1п, Тюнь-2а, Тюнь-2п, Тюнь-3п), где были проведены комплексные ботанические, геофизические и почвенно-геохимические исследования.

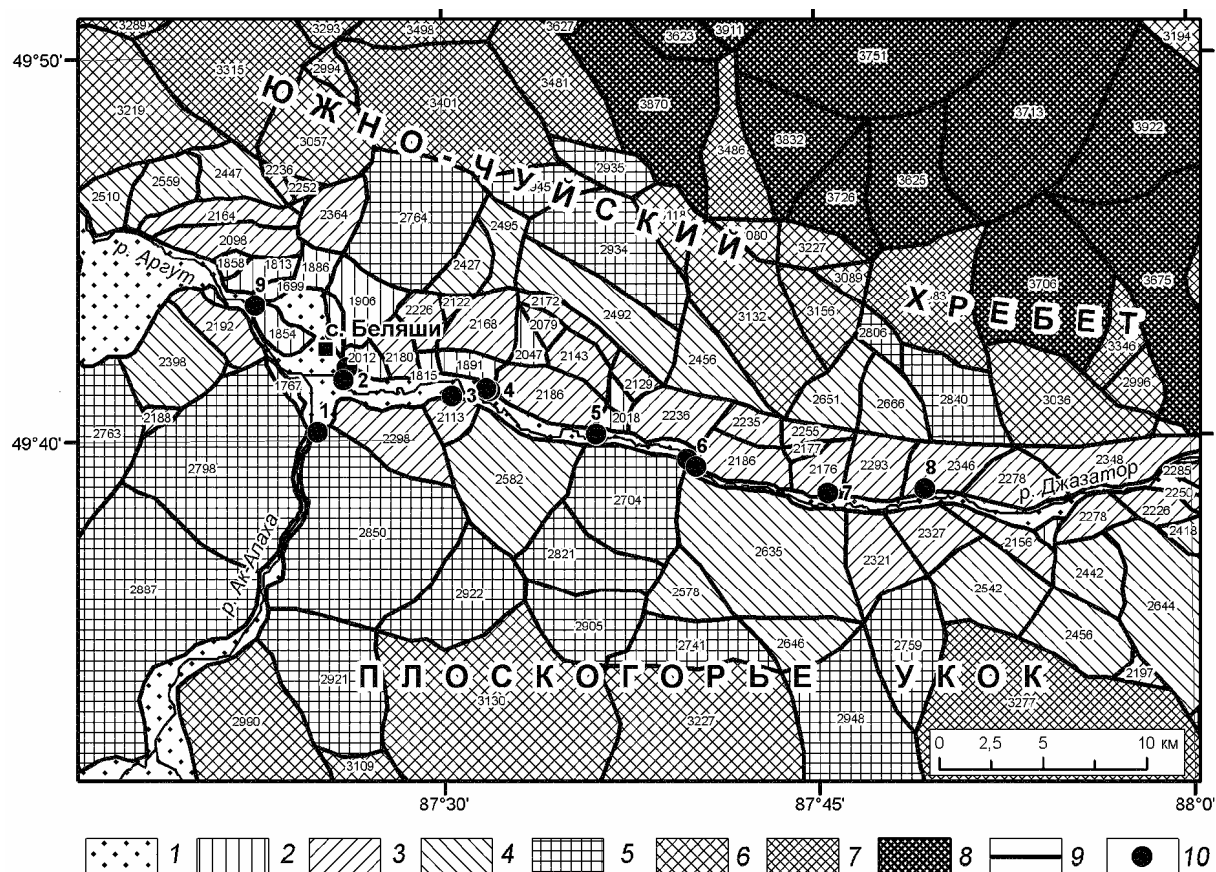


Рис. 1. Блоковое строение долины р. Джазатор. Составили В.В. Скрипко, С.Г. Платонова

1 – днища долин рек; 2–8 – интервалы абсолютных отметок максимальных высот блоков (метод естественных границ): 2 – 1669–2055 м, 3 – 2056–2369 м, 4 – 2370–2693 м, 5 – 2694–2959 м, 6 – 2960–3247 м, 7 – 3248–3573 м, 8 – 3574–4084 м (цифры в центре – максимальные высоты в пределах блока); 9 – тектонические разломы; 10 – участки работ (1 – Ак-Алаха, 2 – Беляши, 3 – Джазатор, 4 – Тюнь, 5 – Узургу, 6 – Ильдыгем, 7 – Тангыт, 8 – Кук-Карагай, 9 – Аргут)

Таблица 1. Эколого-географические особенности микропопуляций *L. caerulea* в бассейне р. Джазатор

Участок	Местонахождение	Рельеф, растительность
Кук-Карагай	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазатор, правый берег, 5 км выше устья р. Кук-Карагай, 1767 м над ур. моря	Прирусловый разнотравно-осоковый лиственнично-еловый лес с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Jupiperus pseudosabina</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Rosa acicularis</i>
Тангыт	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазатор, правый берег, устье р. Тангыт, 1713 м над ур. моря	Прирусловый зеленомошный лиственнично-еловый лес с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Rosa acicularis</i>
Ильдыгем	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазатор, правый берег, напротив устья р. Ильдыгем, 1637 м над ур. моря	Узкая полоса хвощево-зеленомошного лиственнично-елового леса (кедр единичный) вдоль крутого каменистого склона с подлеском из <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Ribes nigrum</i> , <i>Salix caprea</i> , <i>Rosa acicularis</i>

Участок	Местонахождение	Рельеф, растительность
Узургу	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 0.5 км ниже устья р. Узургу, 1605 м над ур. моря	Долинный зеленомошный хвощевый лиственнично-еловый лес с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Ribes nigrum</i> , <i>Salix caprea</i>
Тюнь-1п	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 0.1 км ниже устья р. Тюнь, 1593 м над ур. моря	Поляна в долинном разнотравном лиственнично-еловом лесу с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix caprea</i>
Тюнь-2п	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 0.5 км ниже устья р. Тюнь, 1593 м над ур. моря	Поляна в долинном разнотравном лиственнично-еловом лесу с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i>
Тюнь-3п	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 0.7 км ниже устья р. Тюнь, 1594 м над ур. м.	Поляна в долинном разнотравном лиственнично-еловом лесу с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i>
Тюнь-1а	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 0.1 км ниже устья р. Тюнь, 1593 м над ур. моря	Прирусловый разнотравно-осоковый лиственнично-еловый лес с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix caprea</i>
Тюнь-2а	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 0.5 км ниже устья р. Тюнь, 1593 м над ур. моря	Прирусловый разнотравно-осоковый лиственнично-еловый лес с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix caprea</i>
Джазат	Плоскогорье Укок, северный макросклон, долина р. Джазат, левый берег, 3 км ниже устья р. Тюнь, 1595 м над ур. моря	Выровненный участок лиственнично-елового леса у подножья крутого каменистого склона с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Ribes atropurpureum</i> , <i>Caragana arborescens</i> , <i>Salix caprea</i>
Беяши	Южно-Чуйский хребет, южный макросклон, долина р. Джазат, правый берег, 2 км выше устья р. Ак-Алаха, 1588 м над ур. моря	Терраса реки с временными водотоками, прирусловый зеленомошный лиственнично-еловый лес с подлеском из <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> , <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Spiraea media</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix caprea</i>
Ак-Алаха	Плоскогорье Укок, северный макросклон, долина р. Ак-Алаха, правый берег, 10 км выше устья, 1591 м над ур. моря	Прирусовая нижняя часть крутого северо-западного склона, гранитная каменистая осыпь. Зеленомошный лиственнично-кедрово-еловый лес с подлеском из <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Ribes nigrum</i> , <i>Salix caprea</i>
Аргут	Плоскогорье Укок, северный макросклон, долина р. Аргут, левый берег, 4 км ниже места слияния рек Джазат и Ак-Алаха, 1575 м над ур. моря	Подножье скальных выходов хлоритовых сланцев, северо-восточный склон. Осоково-зеленомошный лиственнично-еловый лес (кедр единичный) с подлеском из <i>L. caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> , <i>Ribes atropurpureum</i> , <i>Ribes nigrum</i> , <i>Salix caprea</i> , <i>Atragene sibirica</i>

Ландшафтная характеристика района исследования

Долина р. Джазатор относится к Юго-Восточной Алтайской провинции (рис. 2) с длинными ландшафтами лиственнично-еловых, березовых, елово-березовых лесов на торфяно-глеевых почвах (178), которые на западе сменяются разнотравно-злаковыми лугами с ивняками, тополевыми на аллювиальных дерновых и луговых почвах (181). Кроме того, здесь представлены ландшафты с лиственничными, елово-лиственничными лесами на горных подбурах (28), березово-лиственничными лесами на горно-лесных черноземовидных почвах (30); крутосклонные, местами скалистые ландшафты с маломощным покровом рыхлых отложений со степными растительными ассоциациями на горных черноземах и горно-степных черноземовидных почвах (46); экспозиционные лесостепи (41), пенеппенизированные высокогорья с тундрами в сочетании с криофитно-разнотравно-злаковыми осочниками и кобрезниками на горно-тундровых торфянисто-перегнойно-мерзлотных (3) с фрагментами валунно-суглинистой морены (9) [Самойлова, 1982].

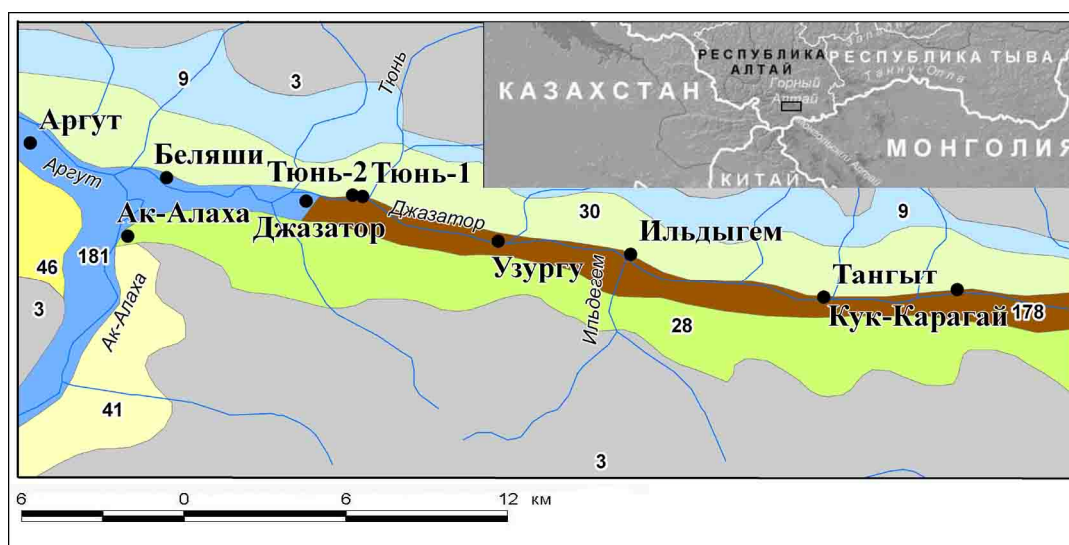


Рис. 2. Ландшафтная схема района исследования [Самойлова, 1982] с участками работ. На врезке – место расположения района. Пояснения см. в тексте

Геологическая и тектоническая характеристика района исследования

Молодая тектоническая структура долины р. Джазатор заложена на палеозойском фундаменте, сложенном флишеидно переслаивающимися метаморфизованными терригенными толщами горно-алтайской серии верхнего кембрия – нижнего ордовика (участки по р. Джазатор), прорываемыми гранитными интрузиями (участки по р. Ак-Алаха) [Геологическая..., 1962]. Известны точки вольфрамовой рудной минерализации в районе участков Ильдыгем (на левом берегу р. Джазатор), Узургу и в устье р. Ак-Алаха (участок Беляши), а также рудопроявление золота (участок Тюнь) [Геология..., 1982; Туркин, Федак, 2008]. Долина р. Джазатор выполнена аллювиально-озерными, гляциальными и флювиогляциальными отложениями олигоцен-четвертичного возраста [Геологическая..., 1962]. Характерно обилие моренного материала, отложенного ледником позднеплейстоценового оледенения, распространение которого наблюдается до уровня 500 м над тальвегом [Девяткин, 1965].

Долина р. Джазатор представляет собой неширокую субширотную тектоническую депрессию в восточной части Самахинско-Джасаторского понижения, разделяющего Чуйско-Сайлюгемское поднятие и Укокский свод. Суммарная амплитуда относитель-

ного прогибания здесь составляет 1000–1500 м. Борты депрессии – тектонические, местами имеют вид денудационных уступов высотой 250–300 м [Девяткин, 1965]. В общем структурном плане Алтайской горной страны долина Джазатора соответствует отрезку со взбросо-надвиговой кинематикой на участке транспрессионного изгиба правосдвиговой зоны [Новиков и др., 2008]. Кроме того, на формирование новейшей структуры исследуемой территории оказало влияние продолжающееся сводовое воздымание Алтая и мелкоблоковая дифференциация территории, характерная для плейстоцена [Богачкин, 1981]. Это отразилось на структурном плане долины р. Джазатор, где наряду с тектоническими разломами магистрального субширотного (северо-западного – $290\text{--}310^\circ$) направления широко представлены тектонические разрывы более мелкого иерархического уровня, основные из которых имеют юго-западное ($230\text{--}240^\circ$) и субмеридиональное (170°) простирание.

Зона долины р. Джазатор проявляет себя активной не только в тектоническом, но и в сейсмическом отношении. При палеосеймотектонических исследованиях [Рогожин, Платонова, 2002] в пределах долины р. Джазатор выявлены следы древних землетрясений с магнитудой $M=7.0\text{--}7.5$, оставившие на поверхности первичные сейсморазрывы, хорошо картируемые на участках Тюнь, Ак-Алаха, Тангыт, Ильдыгем. Здесь же зафиксированы землетрясения исторического периода с эпицентрами: в районе устья р. Тюнь (19–21.09.1923 г., с $M=5.6\text{--}6.0$); на северном продолжении Тюньского разлома (29.10.1975 г. и 18.05.1988 г. с $M=4.0$ и 3.5 соответственно); в устьевой части р. Ак-Алахи (20.07.1929 г., $M=4.7$) [Новый..., 1977]. Рассмотрим характеристику этих участков детальнее.

Характеристика участков

Проявления активной тектоники в виде сейсмодетформаций представлены как на левом, так и на правом берегу р. Джазатор.

На участке Тюнь на левом берегу р. Джазатор системы тектонических зияющих трещин с азимутами простирания 170° , $310\text{--}320^\circ$ и 220° нарушили сглаженный ледником коренной склон, образовав своеобразную «черепаховую» структуру (рис. 3).



Рис. 3. Деформации левого склона долины р. Джазатор, образующие «черепаховую» структуру. Участок Тюнь. Фото С.Г. Платоновой

На правом берегу сейсморазрыв выражен на склоне эрозионными формами, начиная овражком длиной около 200 м и глубиной до 20 м в морене, переходящим в русло временного водотока длиной около 5 км, а также в виде ориентированных ($310\text{--}320^\circ$ и 220°) эрозионных рытвин – коротких (10–20 м) и протяженных (до 300 м), глубиной от 0.5 до 2.0 м, нарушающих поверхность песчаной 1.5-метровой правобережной пойменной террасы. Здесь же, на правом склоне долины, отмечен крупный оползень в позднеплейстоценовой морене с поверхностью отрыва длиной более 200 м. Оползневые массы образуют на склоне вал шириной около 60 м, высотой около 50 м, который стал причиной образования небольшого озера [Платонова, 1999]. О достаточно молодом возрасте Тюньского сейсморазрыва (примерно 1000 лет) свидетельствует радиоуглеродная датировка образца погребенной древесины в верхних слоях деформированной правобережной террасы, которая составила 910 ± 70 лет (ИГАН-1929) [Рогожин, Платонова, 2002].

Участки Ак-Алаха, Беяши расположены в устьевой части р. Ак-Алаха в районе с. Беяши и приурочены к структурному узлу, образованному разломами близширотного (подворачивающегося на северо-запад по азимуту 310°) и север–северо-восточного простираний. В районе с. Беяши на левом берегу р. Аргут и его притока Ак-Алаха отмечена серия вторичных блоковых оползней. В рельефе они выражены как достаточно крупные денудационные останцы. Деформации прослеживаются почти на 5 км, затухая по удалению от устьевой части вверх по р. Ак-Алаха. На западной окраине с. Беяши, в разрезе рыхлых озерных песков вдоль правого берега р. Аргут получена ^{14}C -датировка древесины (230 ± 60 лет ИГАН-1936), которая может косвенно свидетельствовать о верхней границе сейсмического события, породившего подпрудное озеро в долине этой реки [Рогожин и др., 1999]. Микроучастки Аргут и Ак-Алаха наиболее удалены от максимального поля напряжения.

Сейсмодеформации, сопровождающие формирование «черепашевой» структуры на левом берегу р. Джазатора, с зияющими трещинами описанных выше направлений выявлены также на участках Тангыт, Кук-Карагай, Ильдыгем (рис. 4). На правом берегу линейные деформации, оползни в морене, сопровождаемые образованием подпрудных озер, отмечены на участке Тангыт.



Рис. 4. Зияющие трещины на левом склоне долины р. Джазатор. Участок Тангыт. Фото С.Г. Платоновой

Методы исследования

С целью изучения структурных особенностей территории тектонически активной зоны долины р. Джазатор на ключевых участках были выполнены магниторазведочные работы и радиометрическая съемка, проведен отбор почвенных и растительных образцов на радиометрический, химический и биохимический анализы.

Регистрация напряженности магнитного поля проводилась в профильном и микроплощадном вариантах по сети 5×20 м по стандартным методикам с использованием магнитометра ММП-303. Аномальное значение магнитного поля ΔT рассчитывалось в соответствии с методиками построения карт магнитного поля [Магниторазведка, 1980]. Также велась радиационная съемка с помощью радиометра СРП-68-01 по сети 20×40 м на выделенных магнитной съемкой участках с одновременной регистрацией GPS-приемником Garmin Etrex координат точки измерения [Горбушина и др., 1970].

Радиометрический анализ почвенных образцов проводился лабораторией радиационного контроля в электроэнергетике (лаборатория 0203 ООО «ЭНИН им. Г.М. Кржижановского») на полупроводниковом гамма-спектрометре с Ge-Li детектором. Счетные образцы выдерживались в герметичном измерительном сосуде не менее 14 суток для приведения их в состояние радиационного равновесия по Ra-226. В образцах определялись удельная активность (Бк/кг) природных радионуклидов (Ra-226, Th-232 и K-40); удельная активность техногенных радионуклидов, имеющих в своем распаде гамма-линии (Cs-137 и др.); содержание радионуклидов изотопов космического происхождения (Be-7) и оценивалось содержание U-238 по его дочернему изотопу Ra-234m. В качестве справки для каждого образца указывалась удельная эффективная активность $A_{эфф} = A_{Ra-226} + 1.3 A_{Th-232} + A_{K-40}$.

Химические элементы (K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Li, Sr) в системе почва – растение изучались методом сопряженного отбора и анализа почвенных и растительных (листья) образцов. Подвижные формы элементов из почв извлекали ацетатно-аммонийным буфером (pH=4.8). В экстрактах из почв и раствора золы растений концентрация химических элементов измерялась атомно-абсорбционным методом. Почвы диагностировались согласно «Классификации и диагностике почв России» [2004]. Валовое содержание элементов в почвах определялось методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции элементного анализа в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (накопитель ВЭПП-3) [Куценогий, 2005]. Для элементов с атомным номером $Z = 19-42$ энергия возбуждающего монохроматизированного излучения $E_{мон} = 23$ кэВ.

Для изучения внутривидовой изменчивости плодов жимолости в каждой популяции случайным образом отбирали по 20–40 растений. Учитывая, что на участках Тюнь, Узургу и Беяши было выявлено совместное произрастание *L. caerulea* subsp. *altaica* и *L. caerulea* subsp. *pallasii* оценка проводилась отдельно для каждого подвида. У каждого образца оценивали вкусовые качества и морфометрические признаки плодов. Вкус плодов оценивали органолептическим методом по 5-балльной шкале вкусовых вариаций, основанной на степени горечи в плодах. Для оценки амплитуды изменчивости использовалась унифицированная шкала уровней изменчивости, разработанная С.А. Мамаевым [1973]. Согласно этой шкале, амплитуда изменчивости оценивается по величине коэффициента вариации (V). Уровень изменчивости считается очень низким при $V < 7\%$, низким при $V = 8-12\%$, средним при $V = 13-20\%$, повышенным при $V = 21-30\%$, высоким при $V = 31-40\%$ и очень высоким при $V > 40\%$.

Содержание флавонолов в листьях определялось спектрофотометрическим методом [Беликов, Шрайбер, 1970] на спектрофотометре СФ-26. В качестве экстрагента исполь-

зовался 2%-ный спиртовой раствор хлористого алюминия, образующий комплекс желтого цвета с флавонолами, а для построения калибровочного графика – рутин. Катехины определяли спектрофотометрическим методом, используя 80%-ный спиртовой экстракт [Кукушкина и др., 2003]. Для определения сахаров использовался метод А.С. Швецова и Э.Х. Лукьяненко, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида [Ермаков и др., 1987]. Статистическая обработка результатов морфометрии проводилась согласно методическим рекомендациям [Лакин, 1980] с использованием Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Магнитометрические и радиометрические измерения на участках Тюнь, Беляши и Ильдигем, выделенных на основе данных палеосейсмологических исследований [Рогожин, Платонова, 2002], выявили локальные зоны с аномальными значениями магнитного поля и естественной радиоактивности.

Особенности магнитных и радиометрических полей охарактеризуем на примере участка Тюнь, расположенного на правом берегу Джазатора в устье одноименного притока на площадке размером 600×900 м. При построении карты магнитного поля, исходя из максимальных и минимальных значений магнитного поля на участке Тюнь среднее значение было выбрано 58 300 нТл. Для вычислений аномального поля от наблюдаемых значений отнималось среднее по участку. По результатам магнитометрической съемки было установлено, что аномалии магнитного поля ΔT локализуются в пределах трех блоков: северного, восточного и центрального с западным (рис. 5). Северный блок, характеризующийся пониженными и отрицательными значениями ΔT в диапазоне – 350–300 нТл, связан с выходами хлоритовых сланцев южно-чуйского полиметаморфического комплекса (PRjc).



Рис. 5. План аномального магнитного поля в устье р. Тюнь

1 – микроучастки; 2–4 – изолинии аномального магнитного поля ΔT (нТл): 2 – отрицательные, 3 – нулевые, 4 – положительные

Восточный блок характеризуется относительно спокойными значениями аномального магнитного поля с градиентом 350–500 нТл, что связано с перекрытием коренных пород отложениями пойменной террасы р. Джазатор, сложенной супесчано-гравийным, галечниково-валунным, песчано-галечниковым материалом. Западный и центральный блоки имеют наиболее интенсивный градиент аномального магнитного поля ΔT в диапазоне от –300 до 750 нТл; здесь выделяются локальные аномалии до 300 нТл.

Локальные аномалии магнитного поля и различные характеристики изучаемых параметров в пределах микроучастков Тюнь-1а, 1п, 2а, 2п, 3п, видимо, приурочены к локальным зонам дробления и, возможно, связаны с точечными рудопроявлениями Cu [Туркин, Федак, 2008], что подтверждают результаты отбора почвенных проб в пределах данных локальных аномалий (рис. 6, 7).

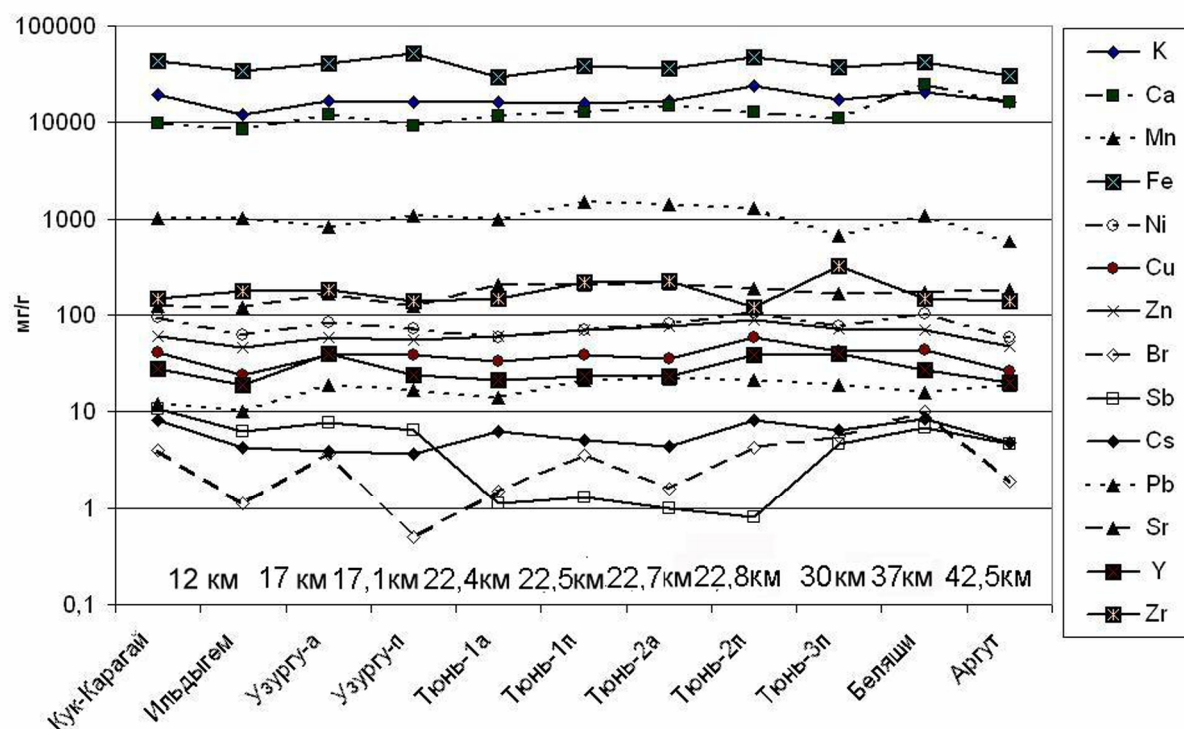


Рис. 6. Валовое содержание (мг/г) химических элементов в почвах на участках в бассейне р. Джазатор

Значения радиационного поля в пределах микроучастков следующие: Тюнь-1а – 14.5–20.0 мкР/ч, Тюнь-1п – 21.5–27.5 мкР/ч, Тюнь-2а – 14.5–20.5 мкР/ч, Тюнь-2п – 22–27.5 мкР/ч, Тюнь-3п – 25.0–27.5 мкР/ч; фоновые значения радиационного поля составляют 12.0–14.0 мкР/ч. При этом повышенные значения радиационного поля коррелируют со значениями произвольного количества природных радионуклидов Ra-226, Th-232 и K-40 в почве ($A_{эфф}$), полученными по данным лабораторных анализов.

Значения магнитного поля на участке Ильдыгем находятся в диапазоне 58620–58830 нТл, резко понижаясь до 58500 нТл (рис. 8). Характер изменения магнитного поля на участке Ильдыгем связан с зоной повышенной трещиноватости в пределах тектонического структурного узла.

Характер магнитного поля на участке Узургу спокойный, находится в диапазоне 58530–58680 нТл и определяется выходами алевролитов и хлоритовых сланцев. На участке Аргут магнитное поле находится в диапазоне 58640–58700 нТл и также связано с хлоритовыми сланцами.

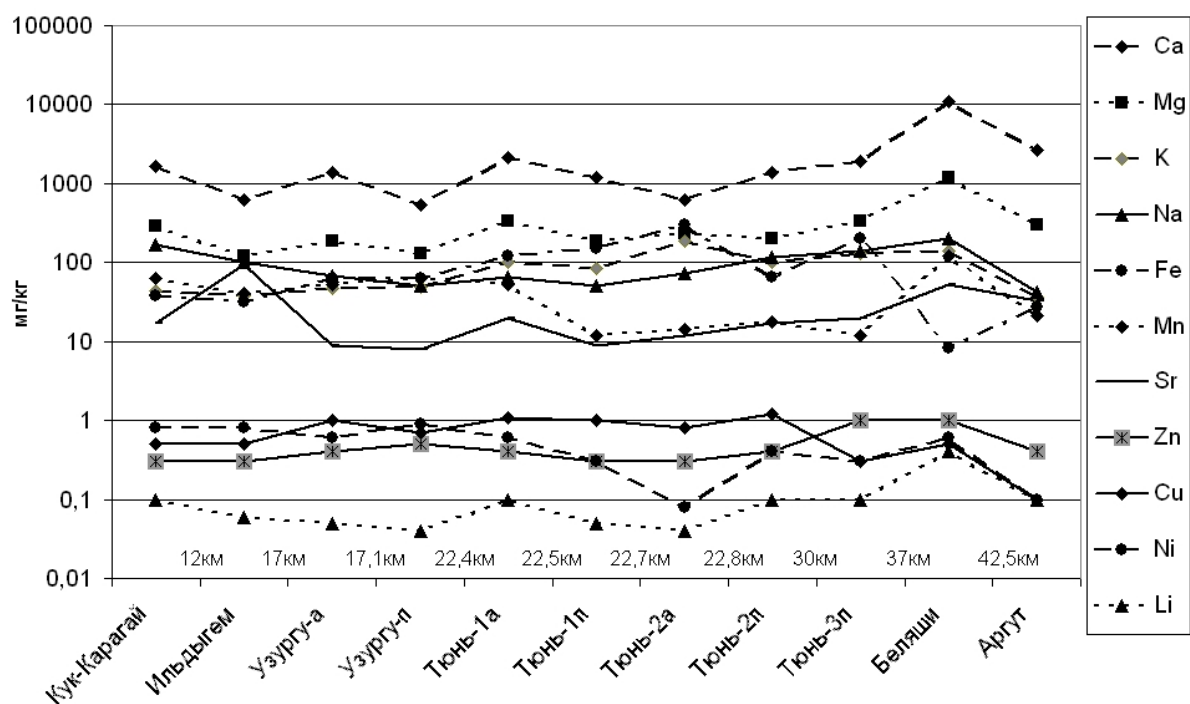


Рис. 7. Содержание (мг/кг) подвижной формы химических элементов в почвах на участках в бассейне р. Джазатор

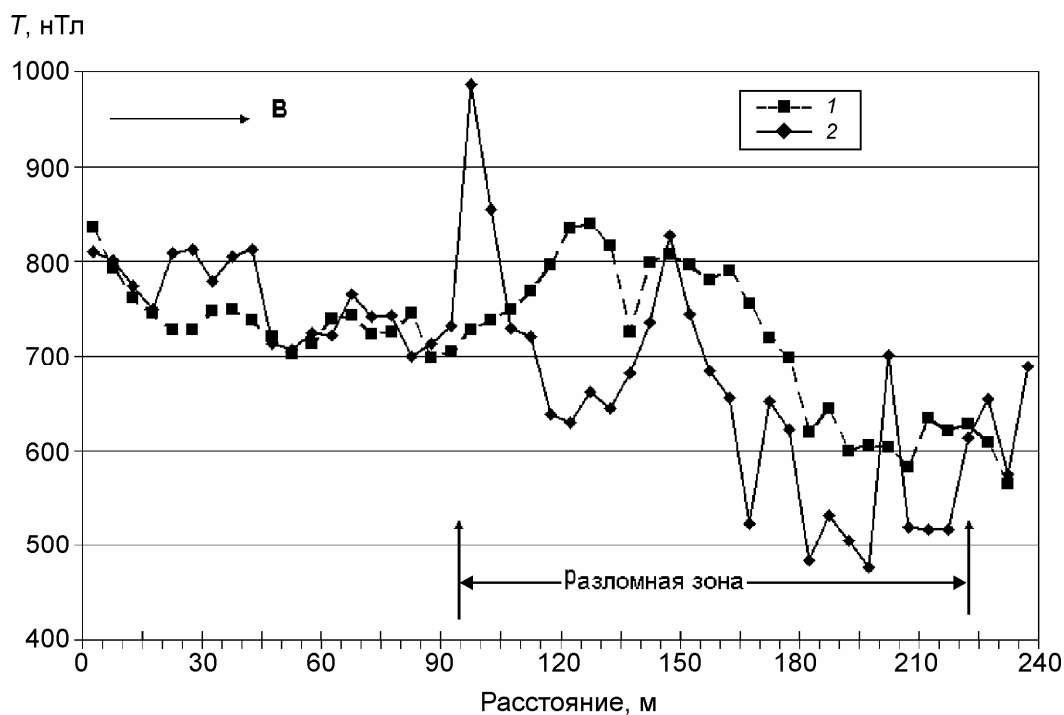


Рис. 8. Результаты профильных магнитометрических исследований на участке Ильдыгем
1 – профиль 1 (по террасе) на расстоянии 20 м от профиля 2; 2 – профиль 2 (по долине р. Джазатор) и выше его на 25 м

На участке Ак-Алаха в результате магнитных измерений были получены значения магнитного поля 58490–58600 нТл, связанные с гранитоидами Чиндагатуйского гранит-лейкогранитового комплекса.

Результаты радиологических и почвенно-агрохимических исследований 11 микроучастков выявили заметные различия между ними по содержанию в почвах естественных и искусственных радионуклидов (табл. 2), а также макро- и микроэлементов (см. рис. 6, 7).

Удельная активность Ra-226 и Th-232 в образцах почв колеблется незначительно, их активность немного увеличивается в почвах на микроучастках в устье р. Тюнь – Тюнь-2п и Тюнь-3п в зонах сильного градиентного магнитного поля; активность K-40 здесь становится больше среднего примерно в 2 раза. Здесь же отмечается увеличение содержания Ra-234. Соответственно и $A_{эфф}$ на этих участках увеличивается (в основном за счет K-40) на 7–30 % (см. табл. 2). Это, по-видимому, связано с поступлением растворенных водой радионуклидов по трещинам разломов и последующей биогенной аккумуляцией их растениями, особенно калия. На данном фоне выделяется участок Кук-Карагай, где активность Ra-226, Th-232, K-40 и $A_{эфф}$ в пробе почвы меньше среднего в 4–5 раз.

Изотоп Cs-137 служит «меткой» техногенного загрязнения. В природе его содержание исчезающе мало. В изученных образцах почвы цезий явно из глобальных загрязнений (Чернобыль, атомные испытания и т.п.). Изотоп Be-7 – космогенный радиоактивный изотоп. Он распадается К-захватом с энергией гамма-излучения 478 Кэв и квантовым выходом 0.103, период полураспада 53.3 дня. Изотоп может образовываться в верхних слоях атмосферы при бомбардировке нейтронами аргона и азота воздуха и быстрыми солнечными протонами стабильных атомов Li-7 или B-10, входящих в состав мелкодисперсных частиц пыли, и может разноситься ветром на большие расстояния [Баженов и др., 1990].

Содержание в почвах Cs-137 и Be-7 колеблется от уровня наименьших значений обнаружения этих изотопов до 22.0 и 235.6 Бк/кг соответственно. Обращает на себя внимание то, что изотопы Cs-137 и Be-7, выпадающие в Горном Алтае из атмосферы, концентрируются в зонах сильного градиентного магнитного поля и сгущения разломной сети. В поверхностных пробах (глубина отбора 0–5 см) на момент отбора удельная активность Be-7 может быть наибольшей по сравнению с другими найденными изотопами. Отметим, что выявленное осаждение радиогенного материала имеет неравномерный, локальный характер.

Общее воздействие радиоактивности среды на растения носит переменный по времени года и год от года характер [Петрова и др., 2009]. При выпадении из воздуха Be-7 преимущественно оседает на поверхности растений и может быть «ведущим» облучающим их изотопом. Во время сильных дождей он смывается с растений, что уменьшает его радиационное воздействие на них. Из-за короткого времени полураспада (53.3 суток) концентрация Be-7 в растениях и почвах быстро падает. В них остаются основные природные радионуклиды, общее радиационное воздействие которых может составлять меньше половины от пикового.

Почвы изученных участков различаются по валовому содержанию (см. рис. 6) и концентрации подвижной формы химических элементов (см. рис. 7). Наибольшей их величиной характеризуются отдельные микроучастки Тюнь и Беяши. В зоне другой узловой структуры на участке Ильдыгем отмечается снижение концентраций большинства элементов (за исключением подвижной формы стронция).

Таблица 2. Распределение радионуклидов в зоне минерального питания растений в микропопуляциях *L. caerulea* на участках в бассейне р. Джазатор

Участок	Тип почвы	Глубина отбора, см	$A \pm \Delta 0.95$ (Бк/кг)						
			Ra-226	Th-232	K-40	$A_{\gamma \text{eff}}$	Cs-137	Be-7*	Pa-234
Тюнь-3п	Стратозем серогумусовый водно-аккумулятивный	14–26**	48.6±4.8	42±5.3	568±166	155±17	0	235.6	639±211
Тюнь-2п	Аллювиальная серогумусовая типичная	0–21	46.7±4.6	41.2±5.6	638±211	158±20	22±6.3	119.8	837±72
Тюнь-1п	Аллювиальная серогумусовая типичная	0–20	45.3±4.2	59.1±6.6	351±168	154±17.9	13±4.6	80.8	0
Тюнь-2а	Дерново-подзолистая	3–15	41.5±4.4	23.3±3.2	362±157	104±15	3±2.1	0	0
Тюнь-1а	Аллювиальная серогумусовая глееватая	0–34	41.9±4.6	48±5.8	373±154	138±16.5	8±3.4	28.5	384±114
Ильдыгем	Стратозем серогумусовый водно-аккумулятивный	8–17**	41±4.1	47±5.8	432±136	141±15	18±4.6	0	383±174
Узургу-а	Аллювиальная серогумусовая типичная	0–22	41±5.2	47±6.3	287±144	128±16.2	9±3.6	42.8	918±125
Узургу-п	Аллювиальная серогумусовая типичная	0–20	46±4.4	41±5.2	387±130	134±14	17±4.5	53.2	359±185
Аргут	Бурозем типичный	12–30	35±3.8	32±4.6	270±158	101±16	9±3.7	0	0
Беляши	Аллювиальная серогумусовая типичная	0–30	47±4.9	52±6.9	321±201	144±20.1	17±5.6	0	0
Кук-Карагай	Аллювиальная серогумусовая типичная	0–30	8±0.96	11±1.5	103±34	32±3.8	3±0.6	0	0

* Активность Be-7 рассчитана на момент отбора проб.

** На участках Тюнь-3п и Ильдыгем верхний слой почвы не анализировался (слой органики был снят), содержание в пробах Cs-137 и Be-7 может быть сильно занижен

Более детальная сравнительная оценка элементного состава почвы в устье р. Тюнь показала, что средне- и легкосуглинистые почвы микроучастков Тюнь-3п и Тюнь-2п в зонах сильноградиентных магнитных полей обогащены подвижными элементами по сравнению с супесчаной почвой микроучастка Тюнь-1п с фоновой напряженностью магнитного поля. На микроучастке Тюнь 2а, где отмечались повышенные значения геомагнитного поля, почва, напротив, обеднена питательными элементами по сравнению с остальными микроучастками. Микроучасток Тюнь-2п отличается самым высоким валовым содержанием элементов K, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Y, Sn и Cs. В почвах микроучастка Тюнь-3п наибольшая концентрация Br, Rb, Y и Zr. Почвы Тюнь-1п, -2а, -1а более насыщены Sr.

Для выяснения генезиса вещественного состава почв используется отношение Ti и Zr (J.T. Hutton, цит. по: [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]). Ti и Zr рассматриваются как элементы-индикаторы геохимических процессов и обстановок. Уменьшение отношения Ti/Zr указывает на увеличение степени выветренности осадков. Значительная разница почв по этому отношению указывает на их неодинаковый минеральный состав.

На микроучастках в устье р. Тюнь следующие значения отношений Ti/Zr: Тюнь-3п – 13, Тюнь-2п – 39, Тюнь-1п – 18, Тюнь-2а – 18, Тюнь-1а – 19. Микроучастки Тюнь-3п и Тюнь-2п существенно отличаются по минеральному составу как между собой, так и от остальных микроучастков. Так, минеральная основа почвы Тюнь-3п представлена наиболее сильно выветренным материалом, в почве Тюнь-2п, напротив, содержание первичных минералов самое высокое. Данный показатель может служить подтверждением того, что почвы участка Тюнь сформированы с участием осадочных отложений разного минерального состава.

Сравнение результатов элементного и радиоизотопного анализов в устье р. Тюнь показало, что увеличение и уменьшение концентрации большинства проанализированных химических элементов наблюдается в тех же локальных зонах, где отмечалось увеличение и уменьшение активности радиоизотопов K-40, Ra-226 и Be-7.

В почвенных образцах, отобранных в устье р. Ильдыгем, наблюдалось снижение как валового содержания большинства проанализированных элементов, так и их подвижной формы. По всей видимости, на усиление процессов выноса элементов на участке Ильдыгем влияют особенности микрорельефа. Точки отбора проб здесь находятся у подножья крутого склона, по которому возможен более активный сток воды. Вынос элементов из почвы может усиливаться за счет повышенной трещиноватости, связанной с разломной зоной. Известно, что характеристики рельефа местности играют значительную роль в распределении химических и радиоактивных элементов в почвенном слое, особенно в условиях повышенной трещиноватости и проницаемости узловых структур [Флоринский, 2001].

На данном этапе исследований можно предполагать, что в зоне разлома в разных его точках элементы накапливаются по-разному. Исследования, проведенные В.Г. Трифоновым и А.С. Караханяном [2004] на профиле через разлом Спитакского землетрясения через несколько лет после сейсмического события, показали, что с приближением к разлому увеличивается концентрация некоторых элементов в горных породах, почве и растениях и их падение в нескольких метрах от его выхода на поверхность. Наблюдаемая пестрая картина по концентрациям химических элементов может быть связана с повышенной трещиноватостью зоны разлома, притоком глубинных минерализованных вод, соприкосновением пород различного происхождения (соответственно различного химического и изотопного состава), а также выносом элементов метеорными водами в связи с повышенным дренажем разломной зоны.

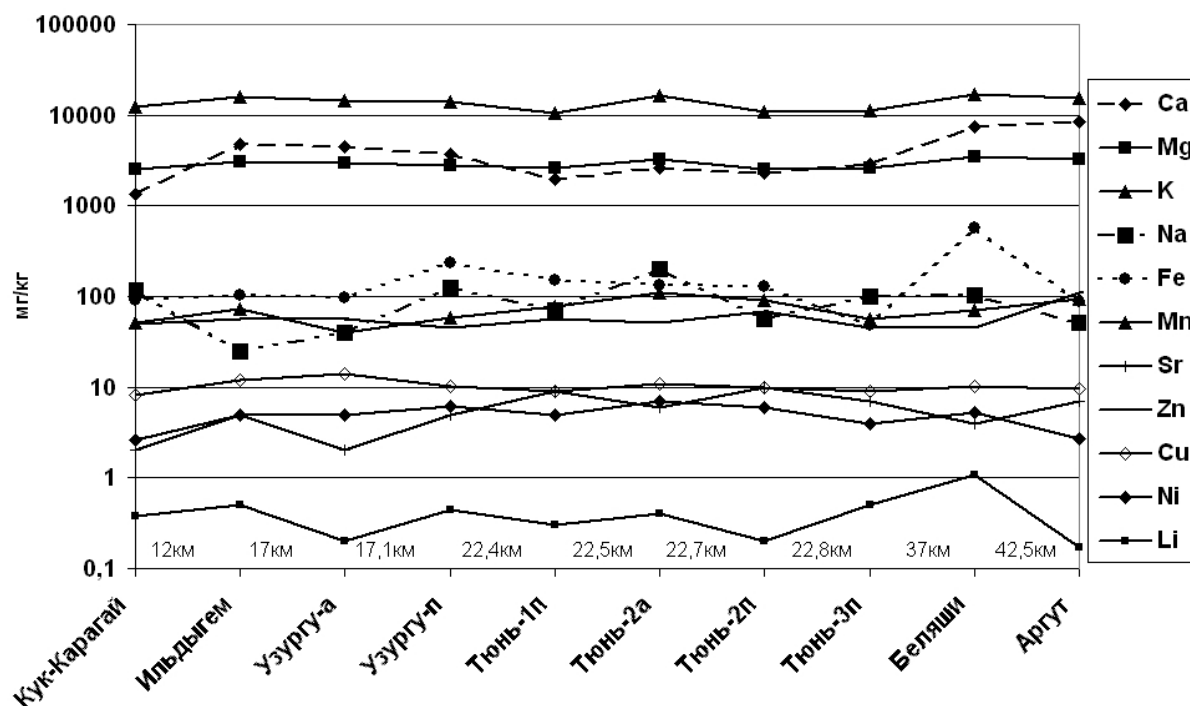


Рис. 9. Содержание (мг/кг воздушно-сухого вещества) химических элементов в листьях *L. caerulea* на участках в бассейне р. Джазатор (на участке Тюнь-1а листья жимолости не анализировались)

Различия почв по содержанию химических элементов нашли отражение в их концентрации в листьях *Lonicera caerulea* (рис. 9). В них количество элементов в значительной (Ca и Mg) или сильной (Li) степени связано с концентрацией их подвижной формы в почве (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент корреляции элементов в системе почва – растение на участках в бассейне р. Джазатор

Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Sr	Zn	Cu	Ni	Li
0.58	0.51	0.14	0.13	-0.32	-0.40	-0.12	-0.31	0.31	0.03	0.84

Для других элементов такая связь либо отсутствует (K, Na, Sr, Ni), либо умеренно положительная (Cu), либо отрицательная (Fe, Mn, Zn). Отрицательные связи Fe, Mn, Zn в системе почва – растение, полагаем, обусловлены высоким содержанием в почвах их элементов-антагонистов – Ca и Mg, затрудняющих усвоение названных выше элементов растениями. Однако можно констатировать, что листья *L. caerulea* из выделенных нами аномальных (по геологическим и геофизическим характеристикам) зон, по сравнению с растениями из неактивных зон, обогащены Ca, K, Na, Mg, Mn, Ni и Li; особенно это характерно для Тюнь-2а, что позволяет утверждать, что данные методы умеренно картируют разломные зоны.

Таким образом, участки изученного района заметно различаются между собой по тектоно-структурным, геомагнитным, радиологическим и почвенно-агрохимическим характеристикам, что связано с проявлением разнообразия геолого-геофизической среды. Соответственно изменения условий произрастания *L. caerulea* в микропопуляциях, расположенных на этих участках, потенциально могут сказаться на ее биохимических и морфологических характеристиках.

Нами был проведен сравнительный анализ суммарного содержания флавонолов, катехинов и редуцирующих сахаров в листьях растений жимолости из разных по геохимическим и геофизическим характеристикам участков долины р. Джазатор. Считается, что увеличение концентрации флавоноидных веществ является одним из механизмов адаптации растений к неблагоприятным или необычным факторам внешней среды. Флавоноидные соединения – постоянные и универсальные компоненты растительных тканей – несут значительную функциональную нагрузку: участвуют в процессах дыхания и онтогенеза; играют важную роль в окислительно-восстановительных и защитных реакциях; предохраняют растительные ткани от избыточной солнечной радиации; влияют на проницаемость мембран; являются субстратами ряда ферментов. Защита растений против широкого спектра стрессовых факторов обеспечивается способностью флавоноидов противодействовать окислительным процессам. Различные неблагоприятные факторы вызывают повреждение растений; при этом они усиливаются окислительными реакциями, в ответ на которые активизируется биосинтез флавоноидов, являющихся мощными природными антиоксидантами. Значительное повышение концентрации флавоноидов может свидетельствовать о наличии негативного воздействия на организм растения [Запрометов, 1996].

На участках, находящихся в устье р. Тюнь (в зоне предполагаемой повышенной трещиноватости), происходило увеличение содержания катехинов в 2.3–2.8 раза, редуцирующих сахаров в 1.3–2 раза и суммы флавонолов в 1.2–2 раза по сравнению с другими участками (рис. 10), что свидетельствует об усилении биосинтеза этих веществ под воздействием комплекса геоэкологических факторов. На участке Ильдыгем, который также находится в зоне структурного узла, такой реакции не обнаружено. По всей видимости, увеличение концентрации отдельных элементов, которое наблюдается в локальных зонах узловой структуры в устье р. Тюнь, – важный фактор в комплексе геофизических и геохимических характеристик, оказывающих влияние на процессы метаболизма растений.

В связи с доминированием *L. caerulea* в большей части ее ареала преобладают растения с горькими, несъедобными плодами [Скворцов, Куклина, 2002]. Исключение составляют камчатские, магаданские, курильские, забайкальские и частично приморские популяции, где в диком виде произрастает в основном жимолость с плодами без горечи во вкусе, и именно эти популяции послужили источником отборных форм для интродукции этого вида. Приуроченность сладкоплодных популяций *L. caerulea* к сейсмически активным районам, а также исследования, проведенные в долине р. Ак-Туру, где в зонах активного тектонического разлома отмечалось существенное снижение частоты встечаемости растений с горькими плодами [Боярских, Кукушкина, 2009], позволили сделать предположение о возможном влиянии факторов, связанных с активной тектоникой, на массовое проявление рецессивного признака *L. caerulea*.

В большинстве изученных ранее популяций Горного Алтая доля растений с безгоречными плодами составляла 0–30 % [Boyariskikh, Shitov, 2010], причем плоды образцов subsp. *pallasii* характеризовались наиболее горьким вкусом. Анализ распределения растений жимолости по вкусовым формам плодов в долине р. Джазатор показал, что во всех изученных микропопуляциях отмечается довольно высокий (25–66 % у *L. caerulea* subsp. *altaica* и 12–91 % у *L. caerulea* subsp. *pallasii*) (рис. 11) процент встречаемости образцов с безгоречными плодами.

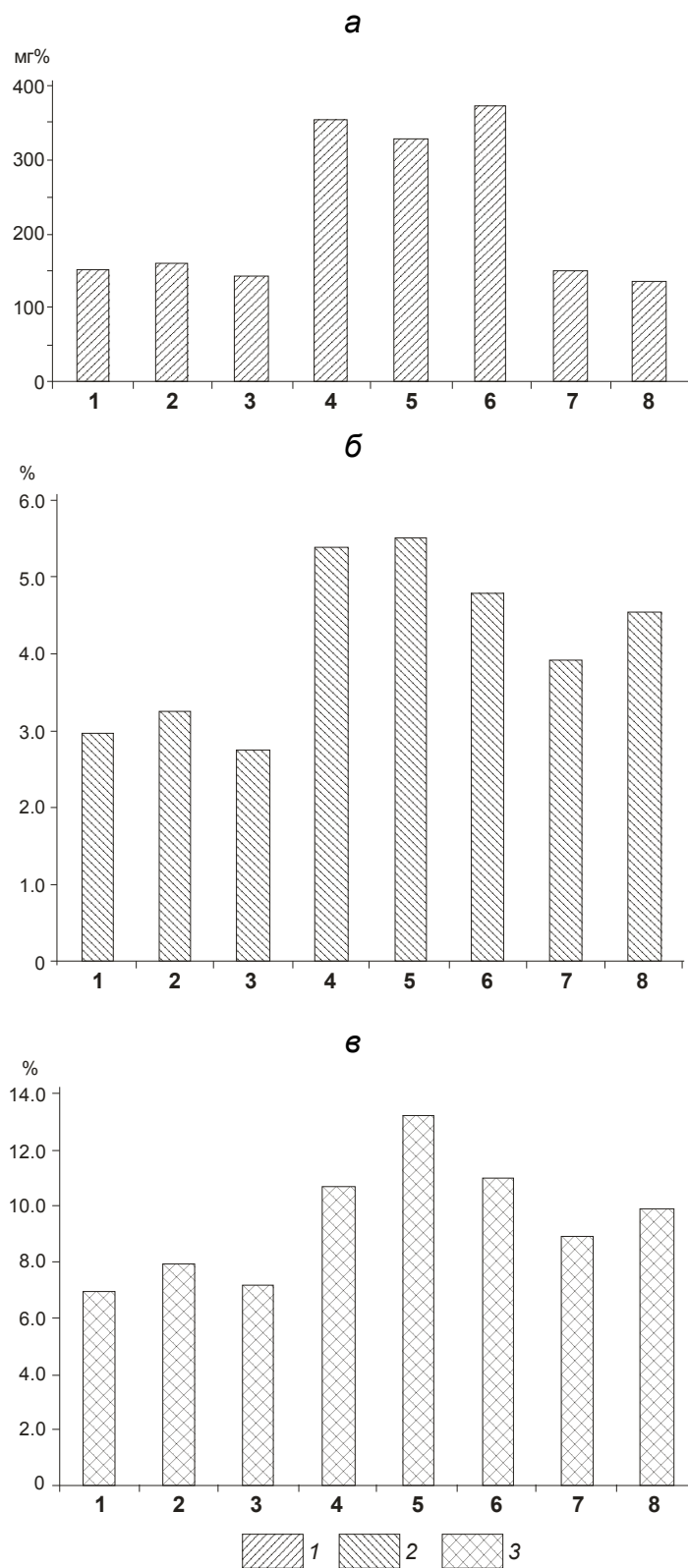


Рис. 10. Содержание катехинов (а), суммы флавонолов (б) и редуцирующих сахаров (в) в листьях *L. caerulea* в микропопуляциях на участках в бассейне р. Джазатор: 1 – Ильдыгем, 2 – Узургу-а, 3 – Узургу-п, 4 – Тюнь-1п, 5 – Тюнь-2п, 6 – Тюнь-3п, 7 – Ак-Алаха, 8 – Аргут

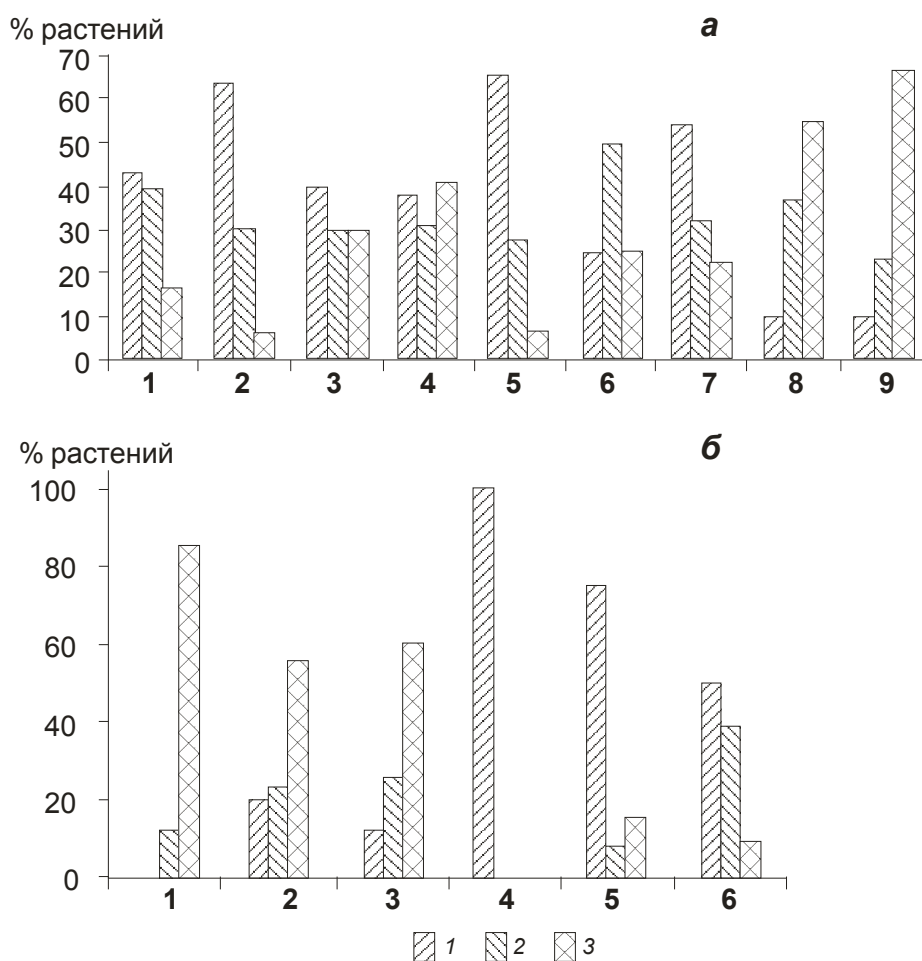


Рис. 11. Распределение растений *L. caerulea* в микропопуляциях на участках в бассейне р. Джазатор по вкусовым формам плодов: *а* – *L. caerulea* subsp. *altaica* (1 – Тангыт, 2 – Ильдыгем, 3 – Узургу-а, 4 – Тюнь-1а, 5 – Тюнь-2а, 6 – Джазатор, 7 – Беяши-а, 8 – Аргут, 9 – Ак-Алаха), *б* – *L. caerulea* subsp. *pallasii* (1 – Кук-Карагай, 2 – Узургу-п, 3 – Тюнь-1п, 4 – Тюнь-2п, 5 – Тюнь-3п, 6 – Беяши-п)
1 – без горечи; 2 – слабогорький; 3 – горький

Массовое проявление рецессивного признака (отсутствие горечи в плодах) было отмечено у обоих подвигов жимолости на участках, расположенных в узловых зонах: в устье р. Тюнь (микроучастки Тюнь-2а, Тюнь-2п и Тюнь-3п), в окрестности п. Беяши (участок Беяши) и в устье р. Ильдыгем (участок Ильдыгем). В микропопуляциях, попадающих в зоны сильноградиентного магнитного поля, частота встречаемости безгоречных образцов увеличивалась в 1.5–2.6 раза по сравнению с другими участками по линии разлома и микроучастками в устье р. Тюнь со спокойным магнитным полем.

На микроучастках Тюнь-2п и Тюнь-3п зоны геомагнитных аномалий территориально совпадают с микропопуляциями *L. caerulea* с массовым проявлением рецессивного признака. На этих же участках, как уже говорилось выше, отмечалось увеличение мощности экспозиционной дозы на 30–50 % от среднего уровня по региону, увеличение активности радионуклидов, а также концентрации отдельных макро- и микроэлементов.

Анализ изменчивости вкусовых вариаций плодов на участках по рекам Аргут и Ак-Алаха, удаленных от максимального поля напряжения, показал снижение проявления безгоречности (до 10 %) и резкое увеличение доли растений с плодами горького и хинно-горького вкуса (до 54 % и 67 % соответственно) (см. рис. 2), что в 6.6 раз больше, чем в зонах узловых структур.

Вероятно, комплекс факторов, связанных с активной разломной тектоникой, оказывает воздействие на биохимические процессы в растениях по всей долине р. Джазатор вдоль разлома, на что указывает довольно высокий полиморфизм вкусовых вариаций плодов на всех микроучастках. Усиление процессов метаболизма растений в узловых структурах связано с тем, что в последних трещиноватость горных пород, ведущая к увеличению неоднородности характеристик окружающей среды, проявляется значительно сильнее, чем вне узлов пересечения. Разнообразие характеристик среды – элементного и изотопного состава почв, показателей радиационного и магнитного полей – влечет за собой и различную биохимическую реакцию, что хорошо иллюстрируется изменением элементного и биофлавоноидного составов, а также вкусовых характеристик плодов *L. caerulea*.

Сравнительная оценка изменчивости морфометрических признаков плодов проводилась в микропопуляциях в устье р. Тюнь, поскольку они находятся в экологически сравнимых условиях (см. табл. 1) и различаются только по показателям, связанным с геологической активностью – почвенно-геохимическим, магнито- и радиометрическим.

Для популяций Тюнь-2а, Тюнь-2п и Тюнь-3п, расположенных соответственно в зонах повышенных и сильноградиентных значений напряженности магнитного поля, по сравнению с фоновыми, характерно наличие плодов более крупных размеров. У представителей *L. caerulea* subsp. *pallasii* разница достоверна на 0.001–0.01 уровнях значимости для длины и ширины плодов, у *L. caerulea* subsp. *altaica* различие достоверно на 0.1–0.02 уровнях значимости. Для первого подвида характерно также повышение уровня изменчивости от низкого до повышенного, что указывает на включение рекомбинационного механизма у этого подвида, обеспечивающего более высокий уровень полиморфизма для естественного отбора.

Заключение

Комплексные исследования в долине р. Джазатор (Горный Алтай) показали наличие воздействия тектонических нарушений на окружающую среду. При этом в узлах пересечения тектонических нарушений усиливались вариации геомагнитного и радиационного полей. В зонах повышенной трещиноватости в почве отмечались изменения локального характера концентрации отдельных химических элементов и радиоактивных изотопов.

Поскольку русло р. Джазатор проходит по подновляющемуся тектоническому разлому, вся долина реки представляет собой геоактивную зону, оказывающую влияние на растения. Однако на отдельных участках в узлах пересечения разломных зон в связи с увеличением неоднородности среды процессы геохимического и геофизического воздействия на биоту идут активней или медленней, обуславливая тем самым появление микропопуляций с высокой дисперсией морфологических и биохимических признаков. Уровень варьирования признаков находится в зависимости от нормы реакции вида растений на литосферные воздействия.

На фоне высокой удельной эффективной активности природных радионуклидов на локальных участках в зонах узловых структур относительно повышенное содержание химических элементов в листьях может способствовать физиолого-биохимической перестройке метаболических процессов *L. caerulea*, что в конечном итоге проявляется в изменении биохимического состава ее плодов и листьев. Планируемое изучение индивидуально-группового состава биологически активных веществ в органах *L. caerulea* из разных по геоэкологическим условиям участков позволит раскрыть закономерности

некоторых биохимических реакций метаболизма. На данном этапе исследований можно констатировать только суммированное изменение содержания их отдельных групп.

Возможно, структурные узлы являются зонами естественного фракционирования космогенного изотопа Be-7, который при выпадении в повышенных концентрациях (в отдельные годы) может оказывать мутагенное воздействие на растения. Для достоверного утверждения этого предположения требуются дополнительные исследования.

Литература

- Баженов В.А., Булдаков Л.А., Василенко И.Я. и др. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справ. изд. Л.: Химия, 1990. 464 с.
- Беликов В.В., Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
- Богачкин Б.М. История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. М.: Наука, 1981. 131 с.
- Боярских И.Г., Кукушкина Т.А. Влияние геологической активности на увеличение полиморфизма ценных для интродукции признаков жимолости синей // Вестн. Алтайск. гос. аграр. ун-та. 2009. № 12(62). С. 28–33.
- Геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Горно-Алтайская. М.: Недра, 1962.
- Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь (Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области, Алтайский край). Полезные ископаемые / Отв. ред. Е.А. Козловский. В 2-х кн. М.: Недра, 1982. Кн. 1. 319 с.
- Горбушина Л.В., Зимин Д.Ф., Сердюкова А.С. Радиометрические и ядерногеофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых: Уч. пособие. М.: Атомиздат, 1970. 376 с.
- Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и неотектоника Юго-Восточного Алтая. М.: Наука, 1965. 243 с.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
- Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения. М.: Наука, 1996. 45 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения. СПб., 2003. С. 64–69.
- Куценогий К.П. РФА СИ в биогеохимических исследованиях // Актуальные проблемы геохимической экологии: Материалы V Междунар. биогеохим. школы. Семипалатинск, 2005. С. 55–57.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. школа, 1980. 293 с.
- Магниторазведка: Справочник геофизика / Отв. ред. В.Е. Никитский, Ю.С. Глебовский. М.: Недра, 1980. 367 с.
- Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 283 с.
- Новиков И.С., Еманов А.А., Лескова Е.В., Баталев В.Ю., Рыбин А.К., Баталева Е.А. Система новейших разрывных нарушений Юго-Восточного Алтая: данные об их морфологии и кинематики // Геология и геофизика. 2008. Т. 49, № 11. С. 1139–1149.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Отв. ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. М.: Наука, 1977. 535 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М., 1999. 768 с.

- Петрова Т.Б., Микляев П.С., Власов В.К., Афиногенов А.М., Кирюхин О.В. Вариации содержания Ве-7 в приземном слое атмосферы на средних широтах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2009. Т. 50, № 5. С. 396–401.
- Платонова С.Г. Сейсмическая активность Чарышско-Теректинского глубинного разлома и его положение среди сейсмогенных структур Горного Алтая // Изв. Алтайск. ун-та. Барнаул: Изд-во Алтайск. гос. ун-та, 1999. № 3 (13). С. 33–39.
- Полетаев А.И. Узловые структуры земной коры // Общая и региональная геология, геология морей и океанов, геологическое картирование: Обзор. инф. Вып. 2. М.: МГП «Геоинформмарк», 1992.
- Рогожин Е.А., Платонова С.Г. Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М.: ОИФЗ РАН, 2002. 130 с.
- Рогожин Е.А., Богачкин Б.М., Нечаев Ю.В., Платонова С.Г., Чичагов В.П., Чичагова О.А. Следы сильных землетрясений прошлого в рельефе Горного Алтая // Геоморфология. 1999. № 1. С. 82–95.
- Самойлова Г.С. Ландшафтная структура физико-географических регионов Горного Алтая // Вопросы географии. 1982. Сб. 121. С. 154–164.
- Скворцов А.К., Куклина А.Г. Голубые жимолости: Ботаническое изучение и перспективы культуры в средней полосе России. М.: Наука, 2002. 160 с.
- Трифонов В.Г., Караханян А.С. Геодинамика и история цивилизаций. М.: Наука, 2004. 668 с.
- Туркин Ю.А., Федак С.И. Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая. Томск: СТУ, 2008. 460 с.
- Флоринский И.В. Узлы пересечения разломов и зоны аккумуляции потоков: анализ соотношений // Изв. РАН. Сер. Географ. 2001. № 6. С. 83–95.
- Boyariskikh I.G., Shitov A.V. Intraspecific variability of plants: the impact of active local faults // Man and the Geosphere / Ed. I.V. Florinsky. New York: Nova Science Publ. Inc., 2010. P. 145–167.

Сведения об авторах

- БОЯРСКИХ Ирина Георгиевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН. 630090, г. Новосибирск, ул. Золото-долинская, д. 101. Тел.: (383)334-45-25. E-mail: irina_2302@mail.ru
- КУКУШКИНА Татьяна Абдулхаиловна** – старший научный сотрудник, Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН. 630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, д. 101. Тел.: (383)334-45-25.
- КОЛОТУХИН Сергей Прокопьевич** – старший научный сотрудник, ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского». 119991, г. Москва, ул. М.Ульяновой, д.17, корп.2, кв.58. Тел.: (495)374-83-61. E-mail: lrkfto@mail.ru
- ПЛАТОНОВА Софья Григорьевна** – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН. 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. Тел.: (3852)66-65-06. E-mail: platonova@iwep.asu.ru
- ХУДЯЕВ Сергей Анатольевич** – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН. 630099, г. Новосибирск, ул. Советская, д. 18. Тел.: (383)222-74-46. E-mail: hudaev@issa.nsc.ru
- ШИТОВ Александр Викторович** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент. Горно-Алтайский государственный университет. 649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, д. 1. Тел.: (38822)279-24. E-mail: sav@gasu.ru
- ЧАНКИНА Ольга Васильевна** – научный сотрудник, Институт химической кинетики и горения СО РАН. 630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, д. 8. Тел.: (383) 333-34-99. E-mail: chankina@ns.kinetics.nsc.ru

**CHANGE OF BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF *LONICERA CAERULEA*
IN TECTONICALLY ACTIVE ZONE
OF THE DZHAZATOR RIVER VALLEY (THE ALTAI MOUNTAINS)**

**I.G. Boyarskikh¹, S.A. Khudyaev², S.G. Platonova³, S.P. Kolotuhin⁴, A.V. Shitov⁵,
T.A. Kukushkina¹, O.V. Chankina⁶**

¹ The Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia

² Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia

³ Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of RAS, Barnaul, Russia

⁴ Open Society «Power Institute of G.M.Krzhizhanovsky», Moscow, Russia

⁵ The Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia

⁶ Institute of Chemical Kinetics and Burning, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. Influence of local geophysical and geochemical anomalies in tectonically active area of Mountain Altai (basin of the Dzhazator River) on increase of polymorphism of tastes and fruit shapes of *Lonicera caerulea*, as well as content of certain groups of biologically active substances in its leaves was revealed.

Keywords: *Lonicera caerulea*, variability, adaptive answering, flavonols, elemental composition, radionuclide, tectonically active zone, borders of tectonic blocks, geomagnetic anomaly.