

Научная статья
УДК 631.417.7(550.43)
DOI: 10.18101/2542-0623-2022-2/3-52-61

УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ БАРГУЗИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

О. В. Вишнякова, В. И. Убугунова, В. Л. Убугунов

© **Вишнякова Оксана Владимировна**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
ok_vish@mail.ru

© **Убугунова Вера Ивановна**

доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
ubugunova57@mail.ru

© **Убугунов Василий Леонидович**

кандидат биологических наук, заведующий лабораторией,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
ubugunovv@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены показатели углеводородного комплекса почв Баргузинской котловины, локализованных на участках с разной интенсивностью флюидодинамических процессов. Получены данные о содержании углеводородов, битумоидов, а также индивидуальных полициклических ароматических соединений. Результаты показали, что почвы зоны гидротермальной разгрузки, которая является признаком высокой интенсивности эндогенных процессов, характеризуются неравномерной аккумуляцией органического углерода, высоким уровнем битумоидного коэффициента, значительными концентрациями углеводородов, полициклических ароматических соединений и их разнообразным составом. Битумоидный коэффициент, а также концентрации и индивидуальный спектр ПАУ явились наиболее информативными индикаторами эндогенной активности.

Ключевые слова: углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, почвы, эндогенные процессы.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 121030100228–4.

Для цитирования

Вишнякова О. В., Убугунова В. И., Убугунов В. Л. Углеводороды в почвах Баргузинской котловины // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2022. № 2–3(21). С. 52–61. DOI: 10.18101/2542-0623-2022-2/3-52-61

Введение

Угледородные соединения являются важным компонентом органического вещества почв и отражают воздействие на почву природных и техногенных факторов. Биохимические процессы генерации угледородов (УВ), происходящие в почвах при участии микроорганизмов, служат их основным источником. В зонах выраженной эндогенной активности они сопровождаются эманационными процессами, связанными с восходящими потоками УВ в результате дегазации земной коры.

Байкальская рифтовая система характеризуется высоким содержанием рассеянного органического вещества в осадочных породах и прямыми признаками нефтегазоносности — многочисленными проявлениями газа, битумов и нефти почти во всех межгорных впадинах, особенно во впадинах байкальского типа. Баргузинская котловина является крупнейшей суходольной котловиной рифта [Geochemistry..., 2015] со значительными объемами газовой разгрузки. Содержание метана в газах может достигать 90%. «Аномальные метановые, гидрогеохимические и битумологические поля следует рассматривать как информацию о разгрузке угледородных газов» [Исаев, 2016]. Современная миграция УВ связана с густой сетью тектонических разломов и активной гидротермальной деятельностью [Рекреационные и бальнеологические особенности..., 2018]. Поступающие с газовыми эманациями угледороды частично вовлекаются во внутрпочвенные биохимические процессы аккумуляции и трансформации органического вещества и обогащают почву органическими соединениями. Большая часть газов свободно мигрирует сквозь осадочные породы и почвы и выделяется в атмосферу.

В Баргузинской котловине встречаются почвы, в которых типичные процессы почвообразования подчинены воздействию геологического фактора. Морфологически это проявляется в наличии каналов дегазации, черных вязких слоев и линз, пропитанных органическим веществом, смещении и выпучивании горизонтов с образованием своеобразных куполов внутри почвенного профиля [Морфология почв..., 2019]. Для почв свойственно контрастное сочетание значений рН, гранулометрического состава, высокой степени засоления и аномальное содержание ряда элементов [Убугунов, Убугунова, Хитров, 2020].

Связь почвенных УВ с эндогенными угледородными потоками и гидротермальной деятельностью слабо отражена в литературе. Наши исследования были направлены на изучение угледородов, в том числе полициклических ароматических соединений, в почвах Баргузинской котловины. Эти результаты важны для теории эндогенного воздействия на процессы почвообразования, а также имеют практическое значение как маркеры эманаций угледородов в геологоразведочных и природоохранных целях.

Материал и методика

Исследования проводились в пределах Баргузинской котловины (северо-запад Республики Бурятия, Российская Федерация), в зоне активного проявления флюидодинамических процессов. Почвенные разрезы заложены на участках с различной степенью их выраженности. Первый исследуемый полигон расположен в пределах Улюнханской впадины на Кучигерском гидротермальном поле. В настоящее время эта территория характеризуется высокой активностью эндогенных

процессов. Здесь происходит разгрузка азотных термальных низкоминерализованных щелочных вод. На этом участке изучено углеводородное состояние псаммозема гумусового (Eutric Sodic Gleic Arenosol (Humic)) (РФ–1–4) и светло-гумусовой аллювиально-глеевой почвы (Eutric Sodic Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Alcalic, Epiloamic, Endoarenic, Humic, Sulfidic)) (РФ–1–5). Почвенные разрезы заложены на сопряженных элементах рельефа. Морфология, классификация и некоторые данные об углеводородном состоянии этих почв представлены ранее [Морфология почв..., 2019; Hydrocarbon status..., 2021]. Псаммозем гумусовый характеризуется высоким содержанием органического углерода в верхней части профиля, песчаным гранулометрическим составом, щелочным рН и слабым засолением (табл. 1). В нижней части профиля расположен темный вязкий, пластилиноподобный горизонт. Светло-гумусовая аллювиально-глеевая почва слоистая, имеет неровную границу горизонтов, характеризуется наличием многочисленных темных прослоек и включений, пропитанных черным маслянистым веществом. Почва легкосуглинистая, сильно засолена на поверхности, рН 9,7. Степень засоления, щелочность, содержание физической глины и органического углерода снижаются вниз по профилю. На поверхности почвы отмечено локальное угнетение высшей растительности и формирование пустоши.

Таблица 1

Физико-химические свойства исследуемых почв Баргузинской котловины

| Горизонт | Глубина, см | рН | C _{орг} | Легкорастворимые соли | <0,01 мм |
|--------------------------|-------------|-----|------------------|-----------------------|----------|
| | | | % | | |
| Участок 1, разрез РФ–1–4 | | | | | |
| W | 0–1.5 | 8.3 | 2.74 | 0.33 | 7 |
| AC | 1.5–3.7 | 9.1 | 0.76 | 0.25 | 7 |
| IMP | 40–85 | 6.6 | 1.37 | 0.20 | 13 |
| Участок 1, разрез РФ–1–5 | | | | | |
| AJimp | 0–6 | 9.7 | 2.53 | 1.77 | 23 |
| QCimp1 | 6–20(41) | 8.7 | 0.20 | 1.76 | 12 |
| QCimp2 | 20(41)–55 | 6.3 | 0.74 | 0.37 | 13 |
| Участок 2, разрез ТНК–25 | | | | | |
| AJ | 0–18 | 7.1 | 1.45 | 0.02 | 14 |
| SEL | 18–21 | 9.1 | 0.74 | 0.06 | 14 |
| BSN | 21–25 | 9.6 | 0.76 | 1.57 | 35 |
| Участок 3, разрез НК–8 | | | | | |
| W | 0–2(9) | 8.6 | 2.77 | 0.06 | 14 |
| C | 20–33(37) | 8.7 | 0.08 | 0.14 | 4 |

В центре котловины на песчаной возвышенности урочища Нижний Куйтун расположен второй участок, на котором локализованы солонцы солончаковатые (Salic Solonetz (Loamic, Cutanic, Humic)) (ТНК–25). Они занимают автоморфную

позицию, приподнятую на 180–200 м от уровня озерно-аллювиальной равнины. Формирование солонцов на этой территории не согласуется с классическими (экзогенными) факторами почвообразования: климатическими условиями, геоморфологическим положением и отсутствием источников солей в материнских породах [Убугунов, Убугунова, Хитров, 2020]. В профиле почв отчетливо выражен осветленный надсолонцовый (солонцово-элювиальный) горизонт SEL, под которым залегает очень плотный темно-бурый с ореховато-призматической структурой прерывистый маломощный солонцовый горизонт (BSN) с резким утяжелением гранулометрического состава и увеличением суммы солей.

В восточной части озерно-аллювиальной равнины, в пределах Мондайского урочища (участок 3), встречаются достаточно большие площади с морфологически хорошо выраженными каналами углеводородной дегазации, где распространены псаммоземы гумусовые (Eutric Arenosol (Humic, Alcalic)) (НК–8). Горизонт W имеет супесчаный состав, обогащен органическим углеродом, не засолен. Глубже 20 см отмечается резкое облегчение гранулометрического состава, снижение Сор_г. Классификация и диагностика почв проводилась по [Классификация и диагностика почв России; World Reference Base for Soil Resources]. Исследуемые участки удалены от населенных пунктов, и хозяйственная деятельность отсутствует.

Пробы почв были проанализированы на общее содержание битуминозных веществ, углеводородов и индивидуальных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в Аналитическом центре факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова.

Битумоиды экстрагировали из почв хлороформом и н-гексаном. Хлороформенный экстракт затем перерастворяли в четыреххлористом углероде. Содержание хлороформенного битумоида (ХБ) регистрировали методом ИКС. Гексановый битумоид получали обработкой проб н-гексаном при механическом встряхивании и н. у. После очистки экстракта от высокомолекулярных примесей на колонке с оксидом алюминия определяли концентрацию неполярной части УВ, которую обычно относят к нефтепродуктам, методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором. В составе н-гексанового битумоида были идентифицированы ПАУ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1100 с использованием стандартных образцов индивидуальных полициклических ароматических углеводородов.

Для статистической обработки данных использовали программы Microsoft Excel и Statistica 12¹.

Результаты и обсуждение

Анализ распределения органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в почвах Баргузинской котловины показывает, что максимальные его значения приурочены к верхним гумусовым горизонтам и составляют 1,45–2,77% (табл. 1). Высокие концентрации $C_{\text{орг}}$ в гумусовых псаммоземах не характерны для почв данного типа. Типичное радиально-убывающее профильное распределение органического углерода отмечено в солонцах солончаковатых и псаммоземах гумусовых (участки 2 и 3). В почвах зоны гидротермальной разгрузки $C_{\text{орг}}$ распределялся по профилю неравномерно,

¹ StatSoft Inc (2013). Electronic Statistics Textbook (USA: Tulsa). Available at: <http://www.statsoft.com/textbook/> (accessed: 15.03.2022)

увеличиваясь в импрегнированных горизонтах до высокого уровня, и даже на глубине 2 м и более составлял 0,7–0,8%.

Содержание УВ, или нефтепродуктов, в разных горизонтах исследуемых почв варьировало от 15 до 114 мг/кг (табл. 2). Высокие концентрации выявлены в гумусовых горизонтах, среднее значение среди которых составило 80 мг/кг, что превышает показатели, типичные для почв природных ландшафтов [Пиковский, 2016], и свидетельствует в пользу дополнительного притока УВ.

Таблица 2

Содержание углеводов в почвах Баргузинской котловины

| № участка | Разрез | Горизонт | Глубина, см | ХБ | УВ | ПАУ |
|-----------|--------|----------|-------------|-------|------------|-------|
| | | | | мг/кг | | |
| 1 | РФ–1–4 | W | 0–1.5 | 48.3 | 114.9±31.0 | 0.013 |
| | | AC | 1.5–3.7 | 250.0 | 51.6±13.9 | 0.009 |
| | | IMP | 40–85 | 373.8 | 27.3±7.4 | 0.020 |
| | РФ–1–5 | AJimp | 0–6 | 346.5 | 15.4±4.2 | 0.503 |
| | | QCimp1 | 6–20(41) | 49.5 | 15.0±4.1 | 0.020 |
| | | QCimp2 | 20(41)–55 | 99.5 | 93.9±25.4 | 0.024 |
| 2 | ТНК–25 | AJ | 0–18 | 483.1 | 97.5±26.3 | 0.019 |
| | | SEL | 18–21 | 357.1 | 74.4±20.1 | 0 |
| | | BSN | 21–25 | 255.1 | 38.4±10.4 | 0.019 |
| 3 | НК–8 | W | 0–2(9) | 253.8 | 92.4±24.9 | 0.035 |
| | | C | 20–33(37) | 346.5 | 67.6±18.3 | 0.018 |

Максимальная аккумуляция нефтепродуктов выявлена в верхнем горизонте гумусового псаммозема на участке 1. Этот разрез заложен в непосредственной близости от зоны максимальной разгрузки терм (~ 20 м). УВ переносятся газопаровой смесью по разлому земной коры и конденсируются при снижении температуры на поверхности грунтовых вод либо выделяются в отдельную фазу. В ландшафтно-сопряженной светло-гумусовой аллювиально-глеевой почве нефтепродукты аккумуляровались в импрегнированном горизонте QCimp2 на глубине 20(41)–55 см, а в верхних горизонтах, характеризующихся высокой степенью засоления, их содержание было минимальным. Вероятно, в изученной почве срединный горизонт представляет собой канал дегазации, который выходит на поверхность в мочажину с водой, располагающуюся недалеко от заложенного разреза. На поверхности воды видны разгружающиеся грифоны в виде многочисленных пузырьков газа. Вблизи этой зоны разгрузки не произрастает растительность. Такие «пустошные» участки встречаются в пределах Улюнханской впадины и, вероятнее всего, являются морфологическим выражением каналов дегазации.

Солонцы (участок 2), сформированные на песчаной возвышенности, содержали значительные концентрации нефтепродуктов, которые радиально убывали вниз по профилю почвы независимо от степени засоления и признаков развития солонцового процесса. Подобное профильное распределение УВ отмечено во всех

изученных почвах Баргузинской котловины, за исключением светло-гумусовой аллювиально-глеевой почвы, описанной ранее.

Углеводороды являются неотъемлемой частью органического вещества почв и обычно связаны с содержанием Сорг. Наши исследования подтверждают тесную корреляцию между содержанием УВ и Сорг только в солонце ($r^2 = 0,88$, $P < 0,05$). Это косвенно свидетельствует о несбалансированности углеводородной системы в почвах, расположенных в зоне современной разгрузки УВ. Кроме того, не выявлено определенных закономерностей между содержанием УВ и другими свойствами почв, такими как рН, концентрация легкорастворимых солей, гранулометрический состав.

Уровень ХБ в почвах отражает суммарное накопление органических компонентов, экстрагируемых хлороформом, таких как углеводороды, низкомолекулярные гетероциклические соединения, смолисто-асфальтеновые вещества, а также хлорофилл и другие пигменты растений. Количество битумоидов и их качественный состав тесно связаны с условиями почвообразования, различаются по генетическим горизонтам почв и зависят от ландшафтной позиции. По данным А. А. Красноперовой [Красноперова, 2008], в гумусовых горизонтах почв разных природных зон ХБ содержатся в количестве от 0,01 до 3,0 г/кг. В исследуемых почвах Баргузинской котловины этот показатель варьирует в пределах 48–483 мг/кг (табл. 2). Среднее значение среди всех изученных проб независимо от горизонта и глубины составляет 242,7 мг/кг ($n=12$). Максимальный показатель ХБ отмечен в гумусовом горизонте солонцов (участок 2). Высокое содержание битумоидов выявлено на участке 3. В почвах зоны разгрузки гидротермальных вод ХБ неравномерно распределены по профилю. Эти соединения аккумулировались в отдельных горизонтах, пропитанных черным вязким материалом: нижние незасоленные импрегнированные горизонты черного цвета с маслянистым блеском, похожие на битум (GLEU1 2.5/N), в псаммоземе гумусовом и верхний горизонт светло-гумусовой аллювиально-глеевой почвы.

Многие привнесенные органические соединения экстрагируются гексаном, поэтому величина отношения содержания гексановых битумоидов к хлороформным является диагностическим признаком. Для природных битумоидов этот показатель ниже 0,5 независимо от типа почвы и генетического горизонта. В описанных горизонтах почв участка 1 это соотношение превышено в 2–4 раза, что служит индикатором привнесенных компонентов.

Важным компонентом в составе гексанового экстракта является группа полициклических ароматических углеводородов, или полиаренов, которые представляют собой высокомолекулярные органические соединения бензольного ряда, различающиеся числом колец и особенностями их присоединения. ПАУ обладают большим информативным потенциалом для изучения многих почвенно-геохимических процессов [Геохимия полициклических ароматических углеводородов... , 1996]. Фоновые концентрации полиаренов в почвах существенно изменяются от 0,01–0,02 в песчаных и супесчаных почвах до 0,23–0,37 мг/кг в суглинистых [Влияние геологического фактора на полиарены в почвах, 2018]. В связи с тем, что они широко распространены в продуктах вулканической и гидротермальной деятельности и входят в состав нефти и битумов, ПАУ могут служить

важными индикаторами связи потоков углеводородов с геодинамической активностью. При усилении спонтанных потоков флюидов они попадают в почвы и окружающую среду, где могут накапливаться. Некоторые из этих соединений подлежат экологическому контролю, так как имеют канцерогенные свойства.

В изученных почвах Баргузинской котловины выявлено 11 индивидуальных ПАУ: фенантрен, антрацен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, флуорантен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, дибенз(аh)антрацен, бенз(а)пирен и бенз(ghi)перилен. Суммарное содержание ПАУ составляет 0,008–0,503 мг/кг (табл. 2).

В большинстве проб исследуемых почв концентрации ПАУ низкие, на уровне фона, даже в горизонтах с высокой аккумуляцией УВ. По распространению и концентрациям в основном преобладает фенантрен. Максимальный суммарный уровень ПАУ, сравнимый с их присутствием в нефтяных углеводородах (0,5 мг/кг или 3–4%), и широкий спектр (11 индивидуальных ПАУ, в том числе тяжелые) обнаружены в гумусовом горизонте светло-гумусовой аллювиально-глеевой почвы, расположенной в зоне гидротермальной разгрузки. В этой пробе выявлен бензапирен на уровне 3 ПДК в почвах. В нижних импрегнированных горизонтах присутствуют 3 соединения в небольших концентрациях. Этот участок находится в зоне активного выхода флюидов, которые, как правило, приурочены к понижениям, примыкающим к зоне разлома. Морфологические свойства почвы, газопроявления при вскрытии грунтовых вод, локальное угнетение растительности и наличие на поверхности почвы темных корок неясной природы свидетельствуют об этом. По содержанию ПАУ можно предположить наличие УВ нефти. Носителями УВ в газовом поле является газ, а в нефтяном поле — преимущественно компоненты нефти, которые, приближаясь к поверхности, всплывают и концентрируются над грунтово-трещинными водами или выходят на поверхность, увлекаемые термальными водами [Пиковский, Хлынина, Кучеров, 2021]. С учетом аккумулятивной ландшафтно-геохимической позиции этих почв ПАУ могут накапливаться и на порядок превышать фоновые значения.

А. Н. Геннадиев и другие [Факторы и модификации углеводородного состояния почв, 2015] отмечали повышенное содержание ПАУ и их разнообразие в отдельных горизонтах почв в зонах геодинамической активности. Можно считать ПАУ геохимическими индикаторами гидротермального процесса [Пиковский, 2016]. Гидротермальный генезис углеводородов в почвах, расположенных в зоне разгрузки термальных вод, подтверждается высоким содержанием ПАУ в сочетании с их разнообразием и концентрациями легкорастворимых солей.

Повышенное содержание полиаренов отмечено также в верхнем горизонте гумусового псаммозема на участке 3 (НК–8), где эндогенная разгрузка проявляется в наличии многочисленных каналов, которые хорошо выражены морфологически. В этом слое выявлено 6 индивидуальных ПАУ, включая флуорен и аценафтен, которые не встречались в других пробах.

В почвах Нижнего Куйтуна определено только два соединения, преобладает фенантрен. Было показано, что в некоторых почвах доминирование этого соединения над суммой других ПАУ сопровождается повышенными концентрациями углеводородных газов [Влияние геологического фактора на полиарены в почвах]. По данным В. П. Исаева [2016], геохимические зоны с различными концентрациями метана в составе свободных газов широко представлены в котловине.

Полученные результаты показали, что ПАУ в основном ассоциированы с гумусовыми и/или импрегнированными органическим веществом горизонтами почв и положительно соотносятся с тонкодисперсными фракциями почвы ($r^2 = 0,85$, $P < 0,05$). Поэтому низкие значения ПАУ в солонце можно объяснить тем, что выходы флюидных потоков в местах активных тектонических разломов перекрыты мощной толщей песков, достигающей 140–200 м.

Заключение

Восходящие потоки углеводородов в результате дегазации земной коры и гидротермальная деятельность обеспечивают дополнительный приток органического углерода в почвы Баргузинской котловины, где он частично фиксируется на геохимических барьерах. Результаты исследований показали, что содержание и распределение углеводородов, битумоидов и полициклических ароматических соединений в почвах неравномерное, значительно различается в зависимости от степени выраженности эндогенных процессов. Разгрузка минерализованных вод Кучигерского термального поля является признаком их высокой интенсивности. На этом участке почвы характеризуются нетипичной аккумуляцией органического углерода, высокими значениями битумоидного коэффициента (ГБ/ХБ) в сочетании со значительными концентрациями УВ, ПАУ и их разнообразным составом.

В почвах центральной части озерно-аллювиальной равнины с морфологически выраженными каналами дегазации недр отмечены более низкий битумоидный коэффициент, уровень ПАУ и их неполный спектр. В солонцовых почвах песчаных возвышенностей каналы дегазации перекрыты мощной толщей песков, и газовые флюиды, достигающие дневной поверхности, вовлекаются в биохимические процессы, обеспечивая высокий уровень углеводородов и битумоидов, сбалансированный с содержанием углерода. Этим объясняются низкие уровни битумоидного коэффициента, ПАУ и их узкий набор, характерные для фоновых почв.

Проведенные исследования показали, что в почвах Баргузинской котловины, формирующихся под влиянием эндогенных процессов, битумоидный коэффициент, а также концентрации и индивидуальный спектр ПАУ явились наиболее информативными индикаторами эндогенной активности. Необходимо продолжить детальное изучение углеводородного состояния почв на данной территории, в том числе фоновых концентраций углеводородов, люминесцентных характеристик почвенных битумоидов, газовых компонентов для уточнения геохимических аспектов их генезиса, аккумуляции, процессов миграции и трансформации.

Литература

1. Влияние геологического фактора на полиарены в почвах / А. Н. Геннадиев, А. Ю. Киселева, Ю. И. Пиковский, М. А. Смирнова // Почвоведение. 2018. № 8. С. 977–984. Текст : непосредственный.
2. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах / под редакцией А. Н. Геннадиева, Ю. И. Пиковский. Москва : Изд-во МГУ, 1996. 192 с. Текст : непосредственный.
3. Исаев В. П. Перспективы нефтегазоносности межгорных впадин Бурятии. Новосибирск : Гео, 2016. 165 с. Текст : непосредственный.

4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с. Текст : непосредственный.
5. Морфология почв в ближайшей зоне влияния Кучигерских гидротерм (Баргузинская котловина) / Н. Б. Хитров, В. Л. Убугунов, В. И. Убугунова [и др.] // Почвоведение. 2019. № 12(52). С. 1430–1453. Текст : непосредственный.
6. Пиковский Ю. И. Естественные и техногенные потоки углеводов в окружающей среде. Москва : ИНФРА–М, 2016. 208 с. Текст : непосредственный.
7. Пиковский Ю. И., Хлынина Н. И., Кучеров В. Г. Полициклические ароматические углеводороды в горных породах и почвах импактного кратера Сильян (Швеция) // Литология и полезные ископаемые. 2021. № 3. С. 243–256. Текст : непосредственный.
8. Рекреационные и бальнеологические особенности северо-восточной части Баргузинской котловины / М. К. Чернявский, А. М. Плюсин, С. Г. Дорошкевич, Р. Ц. Будаев // География и природные ресурсы. 2018. № 2. С. 63–72. Текст : непосредственный.
9. Убугунов В. Л., Убугунова В. И., Жамбалова А. Д. Эндогенные факторы формирования и функционирования галоморфных почв Байкальской рифтовой зоны (на примере Баргузинской котловины) // География и природные ресурсы. 2020. № 2(161). С. 99–108. Текст : непосредственный.
10. Убугунов В. Л., Убугунова В. И., Хитров Н. Б. Засоленные почвы Баргузинской котловины как объект Красной книги почв Байкальской рифтовой зоны // Природа Внутренней Азии. 2020. № 1(14). С. 101–111. Текст : непосредственный.
11. Факторы и модификации углеводородного состояния почв / А. Н. Геннадиев, Ю. И. Пиковский, А. П. Жидкин [и др.] // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1314–1329. Текст : непосредственный.
12. Geochemistry of Seismoactive Regional Faults: Baikal Rift Zone, East Siberia / N. V. Vilor, L. D. Adrulaitis, O. V. Zarubina and B. S. Danilov // Geochem. Int. 2015. V. 53. P. 60–77.
13. Hydrocarbon Status of Soils in Zones of Active Tectonic Faults of Baikal Rift / O. V. Vishnyakova, V. I. Ubugunova, V. L. Ubugunov, and N. B. Khitrov // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 862. P. 012033.
14. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil maps World Soil Resources. 2014 update 2015. Reports 106 (Rome: FAO).
15. Krasnopeeva A. A. Natural bituminoids in soils of the forest zone: luminescence diagnostics and content levels (Satino Research Station, Moscow State University) // Eur. Soil Sci. 2008. V. 41. P. 1282–1293.

Статья поступила в редакцию 08.05.2022; одобрена после рецензирования 10.09.2022; принята к публикации 19.09.2022.

HYDROCARBONS IN SOILS OF BARGUZIN BASIN

O. V. Vishnyakova, V. I. Ubugunova, V. L. Ubugunov

Oksana V. Vishnyakova

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher,
Institute of General and Experimental Biology SB RAS
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
ok_vish@mail.ru

Vera I. Ubugunova

Dr. Sci. (Biol.), Prof., Leading Researcher,
Institute of General and Experimental Biology SB RAS
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
ubugunova57@mail.ru

Vasily L. Ubugunov

Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory,
Institute of General and Experimental Biology SB RAS
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
ubugunovv@mail.ru

Abstract. The article studies indicators of the hydrocarbon complex of soils of Barguzin Basin in areas with different intensity of fluidodynamic processes. We have obtained data on the content of hydrocarbons, bitumoids, as well as individual polycyclic aromatic compounds. The results show that uneven accumulation of organic carbon, high levels of bitumoid coefficient, significant concentrations of hydrocarbons, polycyclic aromatic compounds and their diverse composition are characteristic of soils in the hydrothermal unloading zone, which is a sign of high intensity of endogenous processes. The bituminous coefficient, concentration and individual spectrum of PAH are the most informative indicators of endogenous activity.

Keywords: hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons, soils, endogenous processes.

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state assignment No. 121030100228–4.

For citation

Vishnyakova O. V., Ubugunova V. I., Ubugunov V. L. Hydrocarbons in Soils of Barguzin Basin. *Nature of Inner Asia*. 2022; 2–3(21): 52–61 (In Russ.).
DOI: 10.18101/2542-0623-2022-2/3-52-61

The article was submitted 08.05.2022; approved after reviewing 10.09.2022; accepted for publication 19.09.2022.