

УДК 631.417

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ПОЧВЕННЫХ ЛИПИДОВ В РАЙОНЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2020 г. А. Д. Белик^{а, *}, Ю. К. Васильчук^а, А. Н. Геннадиев^а, Н. А. Буданцева^а,
А. П. Жидкин^б, Р. Г. Ковач^а, Т. С. Кошовский^а

^аМГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

^бПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

*e-mail: ms.anna.belik@gmail.com

Поступила в редакцию 29.04.2020 г.

После доработки 18.06.2020 г.

Принята к публикации 21.06.2020 г.

Получены и проинтерпретированы данные об изотопном составе углерода липидов в почвах района Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений в бассейне р. Медведица, Волгоградская область. Сделан вывод о нефтяном и атмосферационном загрязнении почв. Вариации изотопного состава определяются как антропогенными факторами, так и разнообразием природных условий. Изотопный состав углерода липидов почв междуречий (черноземов и агрочерноземов) тяжелее (–26.9...–29.2‰), чем аллювиальных почв (–29.4...–31.3‰) из-за различий в условиях увлажнения и температурного режима. Нефтяное загрязнение выражается в более легком изотопном составе (–29.3...–29.8‰), поскольку изотопный состав углерода нефти в целом несколько легче (–28.4...–30.6‰), чем почв. Городская и транспортная инфраструктура приводит к облегчению изотопного состава атмосферного CO₂, таким образом влияя на величины δ¹³C растительного и почвенного углерода.

Ключевые слова: степи, нефтяное загрязнение, изотопы углерода, антропогенное влияние, черноземы текстурно-карбонатные (Calcic Chernozems)

DOI: 10.31857/S0032180X20120035

ВВЕДЕНИЕ

Липиды – это все органические вещества, растворимые в органических растворителях [15] и нерастворимые в воде. Изотопный состав углерода различных фракций органического вещества почв, в том числе почвенных липидов, исследовался для различных объектов. Первые обобщения особенностей изотопного состава в почвенных и растительных системах были сделаны в середине прошлого века. Изотопный состав углерода почв является производным от изотопного состава углерода растений, который, в свою очередь – от изотопного состава атмосферного углерода [3, 12, 19, 23, 26]. Кроме того, на изотопный состав различных компонентов почвенно-растительной системы влияют процессы антропогенного загрязнения, как прямо (непосредственное поступление поллютантов в почву и растения), так и косвенно (через изменение изотопного состава атмосферного воздуха и атмосферных аэрозолей) [20, 22].

На изотопный состав углерода почвенных липидов влияет множество факторов, каждый из

которых накладывает свой отпечаток, что позволяет идентифицировать и оценить влияние этих факторов.

Предположительно, изотопный состав углерода почвенных липидов регулируется следующими факторами: а) изотопным составом углерода растений; б) микробиологической активностью почв; в) изотопным составом нефти в разливах при их наличии; г) изотопным составом сжигаемого транспортного топлива, мазута, угля, дров в районе исследуемых почв; д) возможным изотопным составом глубинных эманаций из нефтяных и газовых месторождений.

Для растительности с типом фотосинтеза C3 характерны значения δ¹³C от –24 до –34‰ [26]. При этом изотопный состав углерода органического вещества растений, как было установлено экспериментально [3], имеет величины δ¹³C от –24 до –28‰. Микробиологическая почвенная активность постепенно повышает значения δ¹³C с возрастом растительных остатков в почве, поскольку в микробиологические реакции в первую

очередь вовлекаются молекулы, содержащие легкий изотоп ^{12}C , и их превращение в углекислый газ и выведение из системы почвы происходит быстрее [26]. Изотопный состав углерода растений в городах испытывает влияние городского техногенеза: с одной стороны, в городских условиях растения потребляют изотопно более легкий углекислый газ, с другой, повышенное содержание оксидов серы в воздухе влияет на газообмен растений, в результате чего может происходить утяжеление растительного углерода на 3–4‰ [13, 28].

Значения $\delta^{13}\text{C}$ нефти варьируют от –27 до –31‰ [8, 31]. В Волгоградской области эти характеристики составляют в среднем –29‰; для сильно загрязненных нефтью почв можно предполагать близкие величины.

Изотопный состав углерода в аэрозолях воздуха городов более тяжелый, чем в ненарушенных ландшафтах [7]. Он зависит от источника аэрозолей и вида сжигаемого топлива. Так, транспортные эмиссии имеют изотопный состав углерода от –24 до –28‰, промышленные – от –23 до –27‰, в то время как для аэрозолей растительного происхождения (растительные частицы, пыльца) характерны значения от –25 до –34‰ [7]. При горении биомассы образуются изотопно более легкие аэрозоли, чем при горении ископаемого топлива [10, 11].

Таким образом, очевидна связь между изотопным составом почвенных липидов и факторами окружающей среды. В большинстве опубликованных работ по изотопному составу углерода почв такие связи выявляются [5, 14]. Однако они касаются, как правило, отдельных факторов, и практически нет исследований, в которых осуществляется комплексная сопряженная оценка нескольких факторов.

В данной работе для исследования выбрали территорию Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений в долине р. Медведица в Волгоградской области. Исследован старый промышленный район, где происходит активная добыча нефти и газа, а также развита городская и транспортная инфраструктура, то есть в пределах ограниченной площади имеет место разнородное техногенное и природное влияние на окружающую среду. Исследованы почвы трех ключевых участков: Жирновского нефтяного промысла, Бахметьевского нефтегазового промысла и г. Жирновск.

Цель работы — изучение изотопного состава углерода почвенных липидов и их разнообразия в указанном районе и индикация на основе этих показателей различных факторов воздействия на почвенный покров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Физико-географическая характеристика территории. Согласно физико-географическому районированию, исследованная территория относится к степной зоне, к Нижнедонской провинции.

Рельеф территории равнинный, но сильно расчленен многочисленными оврагами, балками и небольшими речками, впадающими в р. Медведицу. Балки имеют глубины врезов до 80–100 м. Межбалочные водораздельные поверхности неширокие, выпуклые с пологими волнистыми склонами, подверженными водной эрозией.

Климат территории умеренно континентальный, с холодной зимой и жарким засушливым летом. Самый холодный месяц — январь со среднемесячной температурой –10.5°C, самый теплый — июль со среднемесячной температурой +21.0°C. Устойчивый снежный покров образуется в первой декаде декабря, наибольшая мощность его отмечается в январе–феврале и достигает в отдельные годы 45 см [2].

Территория располагается в пределах подзоны разнотравно-типчаково-ковыльных умеренно-засушливых степей. В растительном покрове господствуют дерновинные злаки — ковыль (*Stipa*), пырей ползучий (*Elytrigi arepens*), мятлик узколистный (*Poa angustifolia*), костер (*Bromus*), а также осоки (*Carex*). К “южному” ксерофитному разнотравью здесь относятся люцерна (*Medicago*), донник (*Melilotus*), чабрец (*Thymus*), подмаренник (*Galium*), шалфей (*Salvia*), синеголовник плосколистный (*Eryngium planum*) и равнинный (*Eryngium campestre*), кермек (*Limonium*) и др. [2, 6].

Территория находится в переходной части между черноземными и каштановыми почвами. Согласно работе Шурлаевой и Рябининой [7], площадь темно-каштановых почв составляет 55%, каштановых почв — 22% и южных черноземов — 14%. По гранулометрическому составу почвы суглинистые и легкосуглинистые. Опробованные почвы относятся к типам черноземов, агро-черноземов текстурно-карбонатных и дисперсно-карбонатных на бурых карбонатных суглинках (табл. 1). Встречаются темно- и серогумусовые почвы, образованные на антропогенно-преобразованных (перемешанных) грунтах. Почвы в границах г. Жирновск представлены серогумусовыми на перевеянных песках под сосновой растительностью. Кроме того, отмечаются аллювиальные серогумусовые, в том числе глееватые почвы. Встречаются также химически загрязненные почвы. Среди них есть как почвы со слабыми визуальными признаками загрязнения, так и полностью пропитанные нефтью из-за нефтяных разливов и функционирования нефтедобывающей инфраструктуры.

Полевые методы исследования. Отбор почвенных проб проводился на трех ключевых участках:

Таблица 1. Величины изотопного состава почвенных липидов в исследуемых почвах

Тип почвы	Индекс	Глубина, см	$\delta^{13}\text{C}$	Тип почвы	Индекс	Глубина, см	$\delta^{13}\text{C}$
Аллювиальные почвы				Нефтезагрязненные почвы			
Аллювиальная серогумусовая	Ж16	0–10	–29.9	Хемозем нефтезагрязненный	ЖБ4	0–10	–29.38
		10–40	–29.66			10–40	–28.18
		40–80	–29.41			0–10	–29.34
Аллювиальная серогумусовая глееватая	Ж18	0–10	–29.56	Стратозем серогумусовый	ЖБ6	0–10	–29.85
Аллювиальная серогумусовая	ЖБ1	0–10	–27.73	Серогумусовая артистратифицированная	ЖГ3	0–10	–29.29
		80–120	–26.21			120–160	–27.48
Аллювиальная серогумусовая	ЖБ15	0–10	–31.3	Чернозем текстурно-карбонатный химически загрязненный	ЖЗ	80–120	–24.38
Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ для слоя 0–10 см, ‰			40–80			–28.94	
				Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ для слоя 0–10 см, ‰			
				–29.6			
Городские почвы				Незагрязненные почвы			
Серогумусовая оподзоленная ожелезненная	ЖГ1	0–10	–28.87	Чернозем текстурно-карбонатный постапрогренный	Ж2	0–10	–28.87
Серогумусовая оподзоленная ожелезненная турбированная	ЖГ2	0–10	–28.42	Агрозем текстурно-карбонатный	Ж4	80–120	–25.17
		10–40	–26.83			0–10	–26.96
Аллювиальная серогумусовая глееватая	ЖГ4	0–10	–30.18	Чернозем дисперсно-карбонатный	Ж5	80–120	–28.58
		10–40	–30.1			120–160	–26.92
Аллювиальная серогумусовая	ЖГ5	80–120	–29.15	Агрочернозем текстурно-карбонатный	Ж6	160–200	–26.7
		0–10	–30.64			0–10	–28.81
Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ для слоя 0–10 см, ‰			–29.5	Агрочернозем текстурно-карбонатный	Ж6	10–40	–26.91
				Темногумусовая высококарбонатная	Ж15	10–40	–26.75
				Чернозем солонцеватый	Ж17	0–10	–29.17
						10–40	–29.45
				Чернозем сегрегационный глееватый	ЖБ2	40–80	–28.35
				Агрочернозем миграционно-сегрегационный	ЖБ3	0–10	–27.61
				Стратозем серогумусовый	ЖБ6	120–160	–26.13
						10–40	–28.65
				Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ в слое 0–10 см, ‰			
				80–120			
				–27.5			
				–28.2			

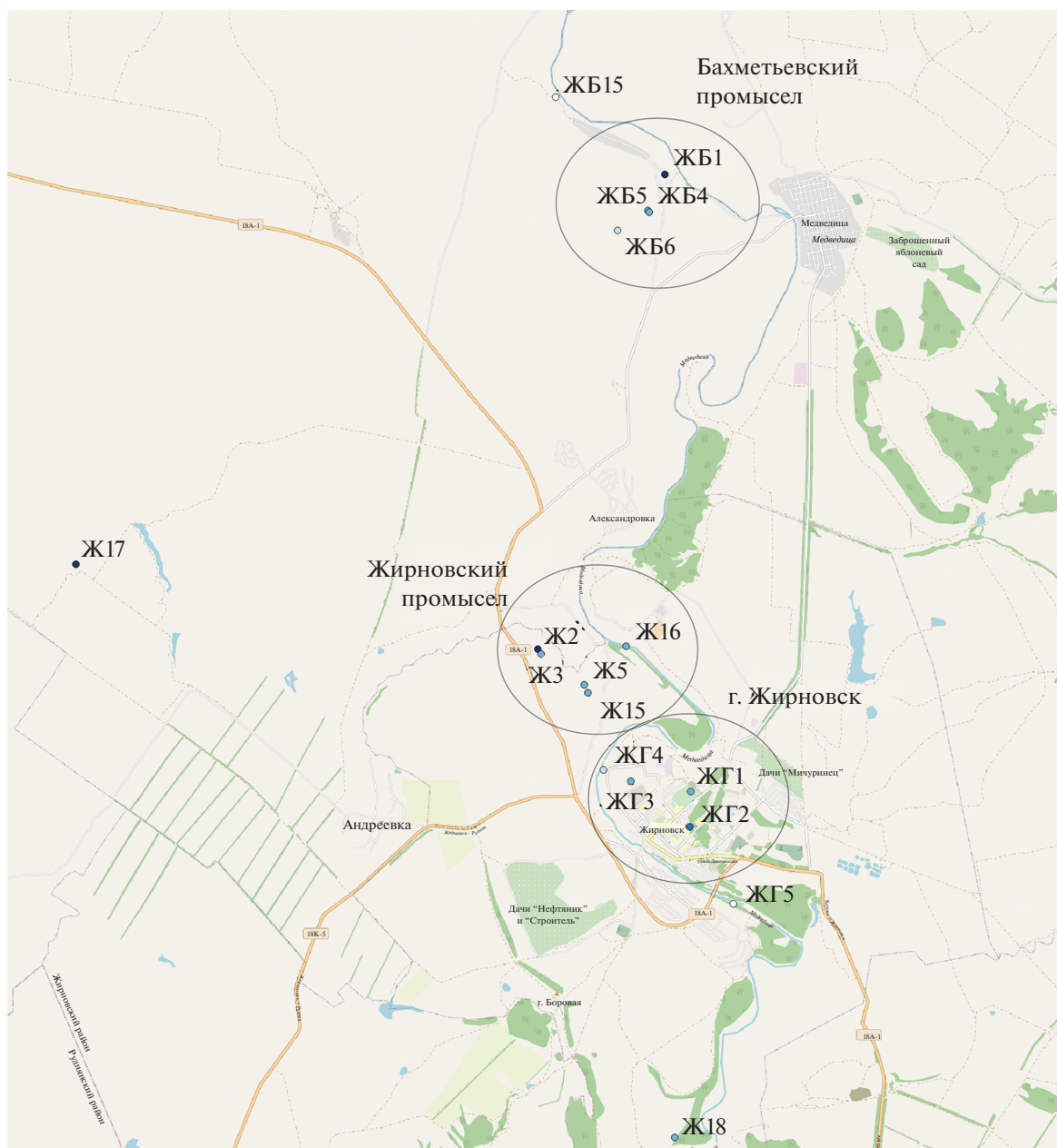


Рис. 1. Схема пробоотбора в районе Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений.

в пределах Жирновского месторождения, в пределах Бахметьевского месторождения (на территории нефтяного промысла и на неразрабатываемой части территории месторождения), а также в г. Жирновск (рис. 1). Образцы почвы отбирали послойно с глубин 0–10, 10–40, 40–80, 80–120 и более 120 см с помощью ручного бура. Образцы весом 150–200 г транспортировали далее в zip-пакетах.

Пробоподготовка и лабораторные методы исследования. Образцы сушили при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, затем растирали. Растертые образцы просеивали через си-

то 0.25 мм и далее хранили в zip-пакетах при комнатной температуре до проведения лабораторных анализов.

Липиды экстрагировали из 45 образцов почв, отобранных из 22 разрезов с различных глубин. Липиды извлекали методом холодной экстракции хлороформом. Образцы почвы заливали растворителем в соотношении 5 мл растворителя на 2 г образца. Образцы выстаивали в стеклянных пробирках в течение суток, затем надосадочную жидкость сливали и концентрировали путем выпаривания в стеклянных бюксах при комнатной

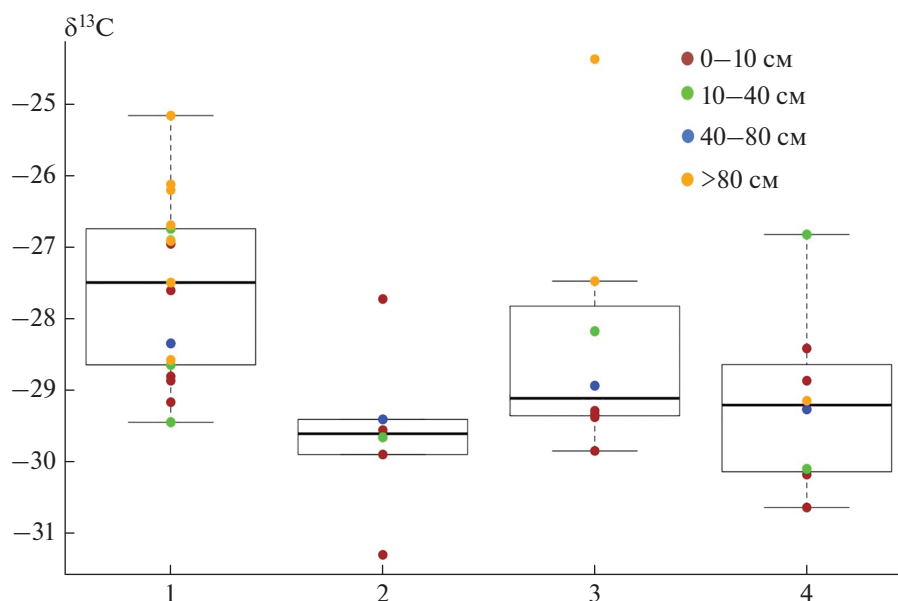


Рис. 2. Изотопный состав углерода почвенных липидов в почвах различных участков в пределах района исследования (1 — незагрязненные почвы междуречий; 2 — аллювиальные почвы; 3 — нефтезагрязненные почвы; 4 — почвы в пределах города).

температуре без доступа солнечных лучей. Концентрированный раствор помещали с помощью пипетки в оловянные капсулы и выпаривали до воздушно-сухого состояния.

Изотопный состав углерода липидных соединений определяли с помощью масс-спектрометрии. Определения выполняли в изотопной лаборатории географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на масс-спектрометре Delta-V Plus со стандартной опцией элемент-анализатор EA 1112 HT O/H-N/C. Для измерений использовали международные стандарты IAEA-CH-3, IAEA-CH-6, IAEA-600 и USGS-24. Точность измерений $\delta^{13}\text{C}$ на приборе составила $\pm 0.2\text{‰}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значения $\delta^{13}\text{C}$ в почвенных липидах. Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ почвенных липидов во всех изученных образцах равно -28.4‰ . Минимальная величина $\delta^{13}\text{C}$ составляет -31.3‰ , максимальная — -24.4‰ .

Исследуемые почвы территориально были разделены на 4 группы: 1) незагрязненные почвы участков нефтяных месторождений на междуречьях (в том числе сельскохозяйственных); 2) загрязненные нефтью почвы (с визуальными признаками загрязнения); 3) аллювиальные почвы долины р. Медведица; 4) почвы г. Жирновск (рис. 1).

В незагрязненных черноземах и агрочерноземах на территории месторождения среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ почвенных липидов на глубине 0–10 см

равно -28.1‰ , в серогумусовых и темногумусовых почвах — -29.2‰ . В этой группе почв наблюдаются наименее отрицательные величины $\delta^{13}\text{C}$. В частности, максимальная величина (-26.9‰) для всей выборки отмечена в сильнопреобразованной почве (агроземе) (рис. 2). На глубине 10–40 см этих почв средняя величина равна -28.2‰ , 40–80 см — -28.6‰ , 80–120 см — -26.8‰ , более 120 см — -26.8‰ (рис. 3). Таким образом, для данных почв характерно незначительное утяжеление изотопного состава почвенных липидов с глубиной.

В верхних горизонтах нефтезагрязненных почв различных типов изотопный состав углерода почвенных липидов варьирует слабо, в среднем значения $\delta^{13}\text{C}$ равны -29.4‰ , что соответствует среднему изотопному составу нефти Волгоградской области [1]. Таким образом, при нефтяном загрязнении изотопный состав углерода почвенных липидов становится близок к изотопному составу нефти. На глубине (>40 см) значения $\delta^{13}\text{C}$ колеблются в более широком диапазоне, от -24.4 до -27.5‰ . При этом значимые различия между загрязненными и незагрязненными почвами проявляются только в случае сильного загрязнения. В случае следового загрязнения различия сглаживаются.

В пределах урбанизированной территории средний изотопный состав углерода почвенных липидов в приповерхностных горизонтах серогумусовых почв составляет -28.6‰ , в аллювиальных городских почвах -30.4‰ . Таким образом, липиды в почвах, расположенных в черте города, имеют бо-

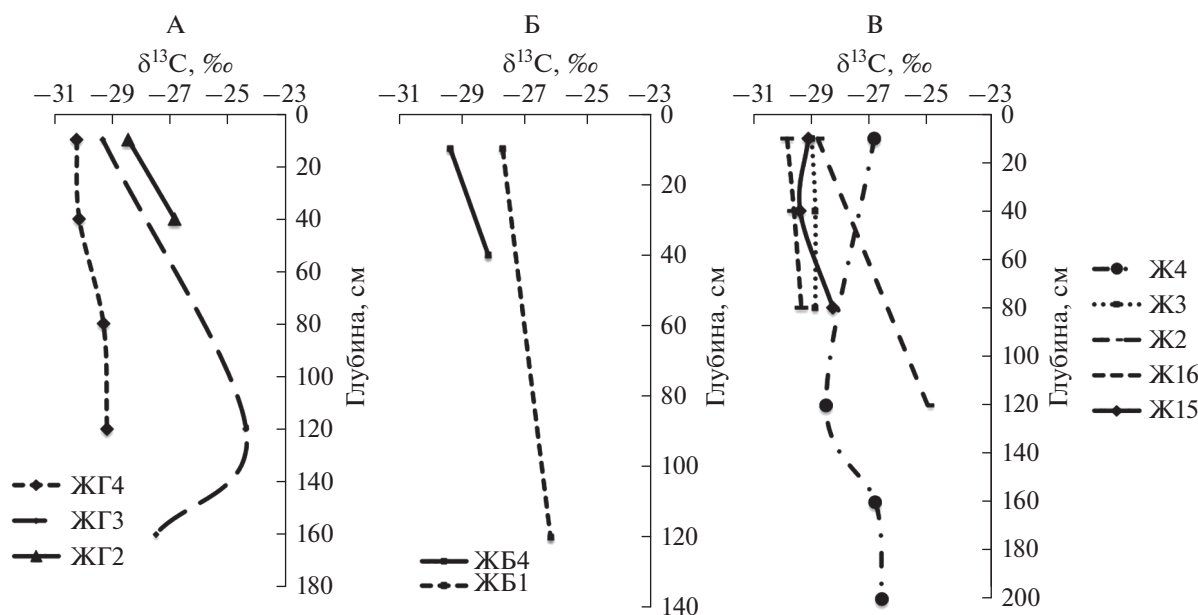


Рис. 3. Изменение изотопного состава углерода почвенных липидов по глубине на трех ключевых участках в районе Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений.

лее легкий изотопный состав, чем вне города на незагрязненных участках месторождения.

В аллювиальных почвах долины р. Медведица изотопный состав углерода липидов в среднем составляет -29.6‰ в приповерхностных горизонтах, то есть существенно более легкий по сравнению с почвами междуречий. Разброс значений в приповерхностных горизонтах различных опробованных аллювиальных почв составляет 3.6‰ (от -27.7 до -31.3‰). В аллювиальных почвах вертикальной дифференциации исследуемых показателей практически не наблюдается (величины $\delta^{13}\text{C} -29.6\ldots-29.4\text{‰}$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение значений изотопного состава углерода липидов в почвах изученной территории определяются тремя основными факторами: фоновой неоднородностью, связанной, в первую очередь, с изотопным составом растительности; наличием нефтяного загрязнения; влиянием городской инфраструктуры (рис. 4, табл. 1).

Более тяжелый изотопный состав углерода липидов черноземов и агрочерноземов по сравнению с другими почвами (серогумусовыми, аллювиальными), вероятно, связан с формированием их в более сухих условиях. Органический углерод поступает в почвы, главным образом, из растительных источников. Таким образом, изотопный состав органического углерода в верхних горизонтах почв во многом зависит от изотопного состава атмосферного углерода. Согласно работе [18], изотопный состав углерода растений (величина $\delta^{13}\text{C}$)

прямо пропорционален скорости ассимиляции углерода растениями и обратно пропорционален их устьичной проводимости. Чем больше влажность местообитания растения, тем выше устьичная проводимость растений и тем больше эффект изотопного фракционирования, то есть тем более отрицательными становятся значения изотопного состава углерода растений, и, вслед за этим, почв. В результате приуроченные к более сухим местообитаниям растения будут иметь более тяжелый изотопный состав углерода [9, 24]. Тенденция к уменьшению величин $\delta^{13}\text{C}$ с увеличением увлажнения наблюдается как в локальном, так и в глобальном масштабе, как это показано в работах [17, 25].

Естественная вариабельность изотопного состава почвенных липидов осложняется влиянием нефтяного загрязнения. В пределах исследованной территории нефтезагрязненные почвы характеризуются более низкими значениями $\delta^{13}\text{C}$ по сравнению с фоном (обычно на 1‰), поскольку изотопный состав углерода нефти более легкий [3].

Пониженные значения $\delta^{13}\text{C}$ в почвах в черте города (на парковой территории и на производственной площадке в районе бывшей транспортной зоны величины $\delta^{13}\text{C}$ находятся в пределах $-29, -30\text{‰}$) по сравнению с почвами незагрязненной территории месторождения можно объяснить меньшими значениями $\delta^{13}\text{C}$ атмосферного CO_2 над городом по сравнению с фоном. Это объясняется использованием органического топлива для отопления и транспорта, в результате чего образуется более легкий по сравнению с атмосферным CO_2 [25].

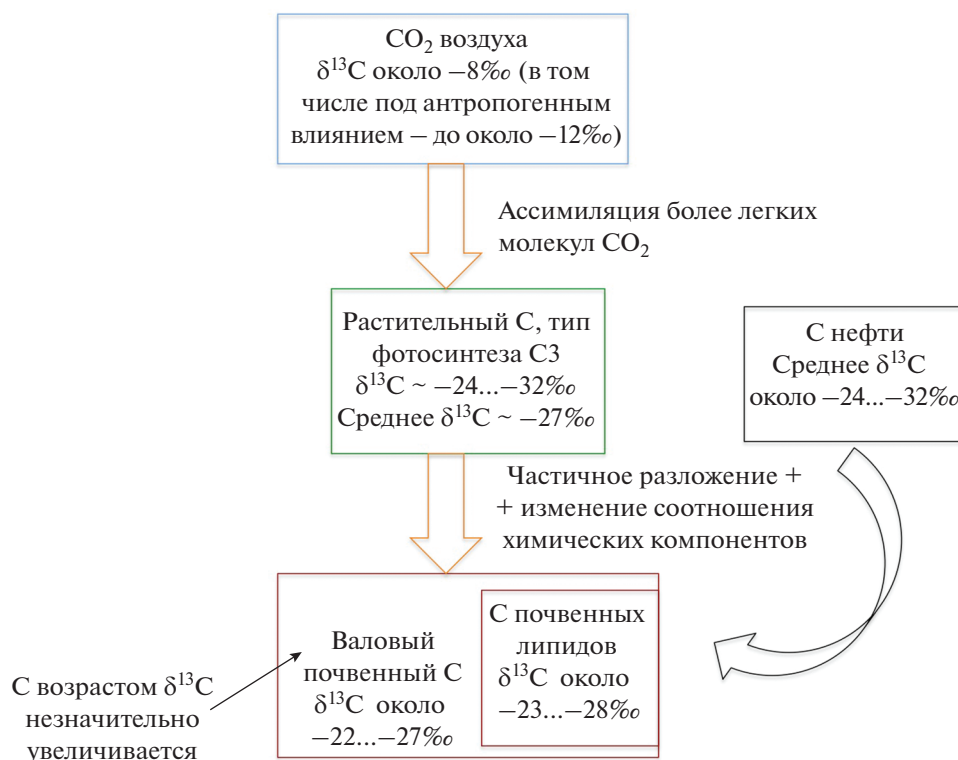


Рис. 4. Принципиальная схема формирования изотопного состава почвенных липидов на территории Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений (составлена с учетом работ [3, 4, 8, 26]).

На территории Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений разница $\delta^{13}\text{C}$ почвенных липидов между глубинными и приповерхностными горизонтами составляет 2.7‰. Увеличение значений $\delta^{13}\text{C}$ с глубиной почв обнаружено в большинстве исследованных точек на территории Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений, что является обычным распределением изотопного состава органического углерода почв [4]. С глубиной и увеличением возраста органического вещества изотопный состав углерода почвенных липидов обычно утяжеляется [16, 26] из-за процессов микробиологического разложения органических остатков. Дамбаев с соавт. [4] показывают, что с глубиной значения $\delta^{13}\text{C}$ валового углерода увеличиваются на 1–2‰. Однако это утяжеление с глубиной нарушается в различных почвах с признаками нефтяного загрязнения: агрозем текстурно-карбонатный, территория Жирновского промысла, аллювиальная дерновая почва, территория Жирновского промысла, серогумусовая артистратифицированная почва, территория г. Жирновск и др. Вероятно, поверхностное и глубинное нефтяное загрязнение обуславливает скачкообразный характер вертикального распределения изотопного состава углерода почвенных липидов, из-за которого на различных глубинах возникают более низкие величины $\delta^{13}\text{C}$ (–29.4‰ при среднем –28.4‰).

Таким образом, в данных условиях влияние города и нефтяного загрязнения накладывается на естественную неоднородность изотопного состава. Природная вариабельность подчиняется закономерности: более сухой ландшафт — более тяжелый изотопный состав. В результате нефтяного загрязнения формируется слабодифференцированный по профилю изотопный состав. В результате городского влияния естественные значения смещаются в “легкую” сторону за счет поступления более изотопно легкого CO₂ из антропогенных источников. Суммарное влияние всех факторов отражается как в территориальном, так и в профильном почвенном распределении значений $\delta^{13}\text{C}$. При этом диапазоны изотопного состава липидов в аллювиальных почвах, в городских почвах и в нефтезагрязненных почвах частично перекрываются, однако в каждом случае это объясняется отдельным набором факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах исследованной территории Жирновского и Бахметьевского нефтегазовых месторождений и г. Жирновск выделяются участки с различными вариантами землепользования, для которых проявляются определенные различия в изотопном составе углерода почвенных липидов.

Установлен более тяжелый изотопно-углеродный состав почв междуречий: черноземов и агро-черноземов ($-26.9\ldots-29.2\text{‰}$) — по сравнению с аллювиальными ($-29.4\ldots-31.3\text{‰}$) почвами. Разница составляет 1.5‰ . Утяжеление изотопного состава происходит благодаря более эффективному водопотреблению и использованию CO_2 растениями, приуроченными к сухим местообитаниям.

При нефтяном загрязнении изотопный состав углерода почвенных липидов становится более легким ($-29.3\ldots-29.8\text{‰}$), поскольку изотопный состав нефти на территории исследования легче, чем изотопный состав углерода почв (-28 и -29‰ соответственно).

Влияние, оказываемое транспортом и инфраструктурой города, выражается в более легком изотопном составе углерода почвенных липидов (разница составляет -1.3‰). Меньшие величины $\delta^{13}\text{C}$ ($-28.4\ldots-30.6\text{‰}$) возникают, предположительно, из-за локального уменьшения $\delta^{13}\text{C}$ атмосферного углекислого газа, которое, в свою очередь, происходит из-за сжигания органического топлива (различие изотопного состава углерода между чистым воздухом и непосредственно выбросами составляет до 20‰) [24].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарны сотрудникам кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Н.И. Хлыниной и Е.В. Терской за помощь в лабораторных и полевых работах.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке РНФ (№ 19-17-00126 — анализ стабильных изотопов, № 14-17-00193 — полевые работы и № 19-77-30004 — исследование липидов) и РФФИ (18-05-60272 — обобщение данных).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ф.А., Лебедев В.С., Овсянников В.М. Изотопный состав углерода газов биохимического происхождения. М.: Недра, 1973. 89 с.
2. Брылев В.А., Рябинина Н.О. Физико-географическое (ландшафтное) районирование Волгоградской области // Стрежень: научный ежегодник. 2001. № 2. С. 12–23.
3. Галимов Э.М. Геохимия стабильных изотопов углерода. М.: Недра, 1968. 225 с.
4. Дамбаев В.Б., Банзаракцаева Т.Г., Буянтуева Л.Б., Намсараев Б.Б., Зякун А.М. Изотопные вариации углерода растительности и почв степных пастбищ внутренней Азии // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 118–124.
5. Макаров М.И., Малышева Т.И., Гончаров А.А., Туннов А.В. Изотопный состав углерода гумусовых кислот дерново-подзолистых почв и черноземов // Почвоведение. 2020. № 4. С. 414–420. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20040097>
6. Моргунов Е.Г., Ковда И.В., Рысков Я.Г., Олейник С.А. Возможности и проблемы использования методов геохимии стабильных изотопов углерода в почвенных исследованиях (обзор литературы) // Почвоведение. 2008. № 3. С. 299–310.
7. Шурлаева Н.В., Рябинина Н.О. Ландшафтно-экологические условия Жирновского района Волгоградской области // Вопросы степеведения. 2013. Т. 10. С. 127–131.
8. Aguilera J., Whigham L.D. Using the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ carbon isotope ratio to characterise the emission sources of airborne particulate matter: a review of literature // Isotopes in environmental and health studies. 2018. V. 54. № 6. P. 573–587.
9. Andrushevich V.E., Engel M.H., Zumberge J.E. Effects of paleolatitude on the stable carbon isotope composition of crude oils // Geology. 2000. V. 28. № 9. P. 847–850.
10. Balesdent J., Wagner G.H., Mariotti A. Soil organic matter turnover in long-term field experiments as revealed by carbon-13 natural abundance // Soil Sci. Soc. Am. J. 1988. V. 52. № 1. P. 118–124.
11. Čada V., Šantrůčková H., Šantrůček J., Kubišková L., Seidre M., Svoboda M. Complex physiological response of Norway Spruce to atmospheric pollution—Decreased carbon isotope discrimination and unchanged tree biomass increment // Frontiers in plant science. 2016. V. 7. P. 805.
12. Canuel E.A., Freeman K.H., Wakeham S.G. Isotopic compositions of lipid biomarker compounds in estuarine Plants and surface sediments // Limnology and Oceanography. 1997. V. 42. № 7. P. 1570–1583.
13. Degens E.T. Biogeochemistry of stable carbon isotopes // Organic geochemistry. Berlin: Springer, 1969. P. 304–329.
14. Diefendorf A.F., Mueller K.E., Wing S.L., Koch P.L., Freeman K.H. Global patterns in leaf ^{13}C discrimination and implications for studies of past and future climate // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2010. V. 107. № 13. P. 5738–5743.
15. Diefendorf A.F., Freimuth E.J. Extracting the most from terrestrial plant-derived n-alkyl lipids and their carbon isotopes from the sedimentary record: A review // Organic Geochem. 2017. V. 103. P. 1–21.
16. Dinel H., Schnitzer M., Mehuys G.R. Soil lipids: origin, nature, content, decomposition, and effect on soil physical properties // Soil Biochem. 1990. V. 6. P. 397–429.
17. Fernandez-Cortes A., Perez-Lopez R., Cuezva S., Calaforra J.M., Cañaveras J.C., Sanchez-Moral S. Geochemical Fingerprinting of Rising Deep Endogenous Gases in an Active Hypogenic Karst System // Geofluids. 2018. V. 2018. P. 1–19.
18. Francey R.J., Farquhar G.D. An explanation of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations in tree rings // Nature. 1982. V. 297. № 5861. P. 28–31.

19. *Gentile N., Siegwolf R.T., Esseiva P., Doyle S., Zollinger K., Delemont O.* Isotope ratio mass spectrometry as a tool for source inference in forensic science: a critical review // *Forensic science international*. 2015. V. 251. P. 139–158.
20. *Liang M.C., Mahata S., Laskar A.H., Bhattacharya S.K.* Spatiotemporal variability of oxygen isotope anomaly in near surface air CO₂ over urban, semi-urban and ocean areas in and around Taiwan // *Aerosol and Air Quality Research*. 2016. V. 17. № 3. P. 706–720.
21. *Lichtfouse E., Dou S., Girardin C., Grably M., Balesdent J., Béhar F., Vandenbroucke M.* Unexpected ¹³C-enrichment of organic components from wheat crop soils: evidence for the *in situ* origin of soil organic matter // *Organic Geochem.* 1995. V. 23. № 9. P. 865–868.
22. *Lichtfouse E., Lichtfouse M., Jaffrezic A.* δ¹³C values of grasses as a novel indicator of pollution by fossil-fuel-derived greenhouse gas CO₂ in urban areas // *Environ Sci. Technol.* 2003. V. 37. P. 87–89.
23. *Natelhoffer K.J., Fry B.* Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1988. V. 52. № 6. P. 1633–1640.
24. *Pataki D.E., Randerson J.T., Wang W., Herzenach M., Grulke N.E.* The carbon isotope composition of plants and soils as biomarkers of pollution // *Isoscapes*. Springer, Dordrecht, 2010. P. 407–423.
25. *Rao Z., Guo W., Cao J., Shi F., Jiang H., Li C.* Relationship between the stable carbon isotopic composition of modern plants and surface soils and climate: a global review // *Earth-Sci. Rev.* 2017. V. 165. P. 110–119.
26. *Smith B.N., Epstein S.* Two categories of ¹³C/¹²C ratios for higher plants // *Plant physiology*. 1971. V. 47. № 3. P. 380–384.
27. *Wang Y., Liang J., Wang J., Gao S.* Combining stable carbon isotope analysis and petroleum-fingerprinting to evaluate petroleum contamination in the Yanchang oilfield located on loess plateau in China // *Environ. Sci. Poll. Res.* 2018. V. 25. № 3. P. 2830–2841.

Isotopic Composition of Carbon in Soil Lipids in the Area of Oil and Gas Extraction, Volgograd Oblast

A. D. Belik¹, *, Yu. K. Vasil'chuk¹, A. N. Gennadiev¹, N. A. Budantseva¹,
A. P. Zhidkin², R. G. Kovach¹, and T. S. Koshovskii¹

¹*Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

²*Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 119017 Russia*

*e-mail: ms.anna.belik@gmail.com

We analysed information on the carbon isotope composition of soil lipids in the soils of the Zhirnovsky and Bakhmetyevsky oil and gas fields in the Medveditsa river basin, Volgograd region. Based on these data, oil industrial and atmospheric pollution was described. Variations in the isotopic composition are determined by both anthropogenic factors and the heterogeneity of natural conditions. Thus, the carbon isotopic composition of lipids on the interfluvial soils (chernozems) is heavier (–26.9...–29.2‰) than alluvial soils (–29.4...–31.3‰), due to differences in moistening conditions and temperature conditions. Oil pollution is expressed in a lighter isotopic composition (–29.3...–29.8‰), since the carbon isotopic composition of oil is generally slightly lighter (–28.4...–30.6‰) than the isotopic composition of unpolluted soils. Urban and transport infrastructure facilitates the isotopic composition of atmospheric CO₂, thus affecting the δ¹³C values of plant and soil masses.

Keywords: steppe, oil pollution, carbon isotopes, anthropogenic influence, Calcic Chernozems