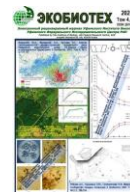




# ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

http://ecobiotech-journal.ru



## ЭМПИРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ФИТОМОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В ДОНБАССЕ

Сафонов А.И.<sup>\*1</sup>, Глухов А.З.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Донецкий национальный университет, Донецк,  
Донецкая Народная Республика

<sup>2</sup> Донецкий ботанический сад, Донецк,  
Донецкая Народная Республика

\*E-mail: [andrey\\_safonov@mail.ru](mailto:andrey_safonov@mail.ru)

Из числа данных о структурной гетерогенности растений-индикаторов (*Berteroa incana* (L.) DC., *Plantago major* L., *Reseda lutea* L., *Echium vulgare* L. и *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) в неблагоприятных экологических условиях Донбасса выбраны наиболее информативные их характеристики для комплексного оценивания уровня техногенной нагрузки на локальные экотопы. Эмпирические критерии рассчитаны в результате корреляционного анализа между массивами данных о содержании тяжелых металлов в почвенных образцах и значениями фитоиндикационных индексов.

**Ключевые слова:** фитомониторинг ♦ Донбасс ♦ оценка промышленной среды

## EMPIRICAL CRITERIA FOR PHYTOMONITORING OF TECHNOGENIC LOAD IN DONBASS

Safonov A.I.<sup>\*1</sup>, Glukhov A.Z.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Donetsk National University,  
Donetsk, Donetsk People's Republic,

<sup>2</sup> Donetsk Botanical Garden,  
Donetsk, Donetsk People's Republic

\*E-mail: [andrey\\_safonov@mail.ru](mailto:andrey_safonov@mail.ru)

From the data on the structural heterogeneity of indicator plants (*Berteroa incana* (L.) DC., *Plantago major* L., *Reseda lutea* L., *Echium vulgare* L., and *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) under unfavorable environmental conditions of Donbass selected their most informative characteristics for a general assessment of the level of anthropogenic load on local ecotopes. Empirical criteria were calculated as a result of correlation analysis between data sets on the content of heavy metals in soil samples and the values of phytoindication indices.

**Keywords:** phytomonitoring ♦ Donbass ♦ industrial environment assessment

Поступила в редакцию: 31.08.2021

DOI: [10.31163/2618-964X-2021-4-3-195-202](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2021-4-3-195-202)

## ВВЕДЕНИЕ

В промышленно развитых регионах система постоянного экологического контроля и мониторинга является обязательной задачей как общенаучного, так и прикладного характера [Бекузарова, Бурдзиева, Качмазов и др., 2018; Зайцев, Круглова, 2005; Селедец, 2015; Yermolaev, Selivanov, 2014]. При этом проведение диагностических процедур успешно реализуется именно с использованием данных о состоянии растительных объектов [Антонова, Позолотина, Каримуллина, 2014; Мандра, Есаулко, Ключин и др., 2019; Плугатарь, Папельбу, 2018], что позволяет отражать не только динамику процессов техногенеза [Курченко, Мямин, Бородин и др., 2019; Montgomery, Klimas, Arcus, 2016; Ziprerer, Wu, Rozyat, 2000], но и своевременно выявлять первичные реакции живых объектов на негативные (преимущественно опасные) события [Гусев, Шпилевская, 2020; Meena, 2020].

Для донецкого экономического региона вопросы всесторонней оценки состояния среды являются актуальными [Глухов, Хархота, 2001; Виноградова, Глухов, 2020] и полномасштабно реализуются в рамках научного направления по фитомониторингу антропогенно трансформированных экотопов Донбасса (1996–2021 гг.).

Цель работы – эмпирическим путем определить наиболее информативные значения фитоиндикаторов для комплексного оценивания уровня загрязнения в локальных экотопах металлургического производства Донбасса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент реализован в градиенте токсической нагрузки на трех предприятиях металлургического комплекса Донбасса: 1) Енакиевский металлургический завод (ЕМЗ), 2) Юзовский (Донецкий) металлургический завод (ЮМЗ); 3) Макеевский металлургический комбинат (ММК). В зоне воздействия каждого из предприятий были определены локалитеты для сбора растительного материала и почвенных образцов на расстоянии 0,5; 1,0 и 1,5 км в западном направлении от источника выброса (учитывая доминирующие восточные ветра в регионе). Мониторинговые точки в зонах максимального промышленно импакта соответствуют номерам 34, 51 и 85 общей сети наблюдений в Центральном Донбассе [Сафонов, Гермонова, 2019]. В градиенте токсической нагрузки были локализованы следующие точки отбора проб на расстоянии 1,0 и 1,5 км от каждого промышленно объекта. Все пробные участки сформированы площадью  $20 \times 20 \text{ м}^2$ . В качестве контроля использовали удаленную учетную площадку в буферной зоне Республиканского ландшафтного парка «Донецкий Кряж». Таким образом, для достижения поставленной цели оперировали данными 10 учетных площадок с разным уровнем техногенного загрязнения.

Учитывая специфику выживания растений в определенных мониторинговых точках, были использованы значения фитоиндикационных индексов, рассчитанные для видов с широкой экологической амплитудой: *Berteroa incana* (L.) DC., *Plantago major* L., *Reseda lutea* L., *Echium vulgare* L. и *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., для которых ранее была доказана фитондикационная значимость по фенотипическим проявлениям в геохимически контрастном регионе [Глухов, Сафонов, 2002; Сафонов 2020; Safonov, 2013]. Отбор почвенных образцов осуществляли в корнеобитаемом слое на глубине 12-17 см, – указанный диапазон глубин был установлен в полевых условиях эмпирическим путем. Определение концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ni) осуществляли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии в аттестованной лаборатории Донецкого национального университета. Такой спектр анализируемых загрязнителей в совокупном суммационном значении отражает специфику металлургического производства. Общий индекс загрязнения устанавливали как среднее арифметическое между взвешенными значениями всех представленных концентраций указанных металлов таким образом, чтобы вклад каждого элемента был выражен трехзначным целым числом, начиная с большего показателя в группе сравнения (т.е. абсолютные значения по Cd и Hg  $\times 100$ ).

Обработка фитоиндикационных данных [Сафонов, Глухов, 2020, 2021] основана на идентификации статистических различий в структурно-функциональных аспектах состояния изучаемых видов растений в доказанной корреляционной связи со значениями показателей техногенного воздействия на природные системы. Для расчетных процедур использовали абсолютные значения концентраций загрязнителей и критерии фитоиндикационной значимости в 40-балльном эквиваленте следующих комбинаций:

RC) индекс габитуального морфотипического разнообразия вида (розеточность, архитектура побегообразования) *Reseda lutea* L., индекс по частоте встречаемости пыльцевого материала с атипичным строением лакун для вида *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.;

EP) индекс трихоморазнообразия (по волоскам кроющего типа) вида *Echium vulgare* L.; коэффициент дефектности пыльцы (палинологического материала) для индикаторного вида *Plantago major* L.;

CE) аномальность сети анастомозов листа (по идентификации с нижней стороны листовой пластинки, у её основания) *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., индекс по частоте встречаемости пыльцевого материала с атипичным строением лакун для вида *Echium vulgare* L.;

BR) индекс габитуального морфотипического разнообразия вида (розеточность, архитектура побегообразования) *Berteroa incana* (L.) DC., индекс частоты регистрации аберрантного зародышевого аппарата вида *Reseda lutea* L.;

BP) аномальность сети анастомозов листа (по идентификации с нижней стороны листовой пластинки, у её основания) *Berteroa incana* (L.) DC., показатель матриальности в оценке гетерокарпии (в узком понимании – в пределах одного соцветия при 5-кратной повторности) для вида *Plantago major* L.

Сформированные таким образом 5 комбинаций диагностических критериев включают специфику структурной гетерогенности как вегетативной, так и генеративной сфер при реализации стратегий выживания в неблагоприятных условиях техногенного загрязнения.

Все используемые фитоиндикационные индексы являются результатом метрических исследований и не локализованы таким образом, чтобы технически можно было бы установить содержание тяжелых металлов отдельно в пыльцевых зернах, или зародышевых тканях, или отдельно в трихомах и сосудисто-волокнистых пучках анастомозной сети листовых аппаратов, поэтому для достижения поставленной цели единственным вещественным критерием загрязненности экотопа считали корнеобитаемый слой почв.

Для определения трендов общего индекса загрязнения (табл. 1) и значения индикационных проявлений (табл. 2) и удобства сравнения в таблицах использовали римские цифры, соответствующие установленному градиенту значений расчетных показателей по возрастанию.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Информация по содержанию тяжелых металлов в почвенных образцах (корнеобитаемый слой почвы) в зонах воздействия предприятий металлургического комплекса и в контроле представлена в табл. 1.

**Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почвах экспериментальных участков**

Предприятие	Удаление от источника, км	Тяжелые металлы, мг/кг						Общий индекс загрязнения
		Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Ni	
Енакиевский металлургический завод	0,5	374	512	438	9,6	2,7	160	452 (I)
	1,0	335	458	392	9,2	2,4	143	415(III)
	1,5	290	355	304	7,0	2,2	133	334 (V)
Юзовский металлургический завод	0,5	360	410	509	8,3	1,3	158	400 (II)
	1,0	281	298	452	7,3	1,2	120	334 (V)
	1,5	274	207	450	6,1	1,2	121	297 (VII)
Макеевский металлургический комбинат	0,5	349	436	406	8,8	2,3	145	408 (IV)
	1,0	301	305	356	5,9	2,1	69	305 (VI)
	1,5	245	188	304	4,7	1,6	65	239 (VIII)
РЛП «Донецкий Кряж» (контроль)		25	112	62	0,2	0,1	33	44

Полученные результаты по валовым концентрациям тяжелых металлов в корнеобитаемом слое почв для изучаемых фитоиндикаторов в целом соответствуют ожидаемым диапазонам значений, отражают специфику загрязнения экотопов в зоне воздействия предприятий металлургического комплекса в Донбассе. В распределении данных по трендам токсической нагрузки закономерность внутри каждой группы выборки сохранилась: максимальные значения соответствуют расстоянию 0,5 км от источника загрязнения. По мере удаления от локального загрязнителя (в радиальном направлении) концентрации изучаемых элементов уменьшались. Значения, полученные для контрольного участка, соответствуют региональному геохимическому фону.

В многочисленно возможных комбинациях значений фитоиндикационных параметров были апробированы суммарные индексы парных критериев, которые за предыдущие годы наблюдений и расчетов показали наибольшую степень сродства с факторами токсической нагрузки на эдафические компоненты в изучаемых зонах промышленного воздействия.

Частные парные и общие суммационные значения расчетных фитоиндикационных критериев представлены в таблице 2, где также установлены ранжированные линии по частоте проявления структурных отклонений: внутри выборки для каждого предприятия-загрязнителя и в генеральной совокупности данных.

**Таблица 2. Значения расчетных фитоиндикационных критериев**

Предприятие	Удаление от источника, км	Критерии фитоиндикации					Общие значение индикационных проявлений
		RC	EP	CE	BR	BP	
Енакиевский металлургический завод	0,5	38	40	38	31	24	171 (I)
	1,0	35	16	37	30	24	142 (IV)
	1,5	30	12	37	25	10	114 (VII)
Юзовский металлургический завод	0,5	36	40	38	27	27	168 (II)
	1,0	35	19	36	26	26	142 (IV)
	1,5	30	10	30	26	23	119 (VI)
Макеевский металлургический комбинат	0,5	35	37	35	30	25	162 (III)
	1,0	31	24	21	25	24	125 (V)
	1,5	27	22	14	24	22	109 (VIII)
РЛП «Донецкий Кряж» (контроль)		4	6	5	4	3	22

Примечание: RC – архитектоника *Reseda lutea* L. и пыльца *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.;  
 EP – поверхность листа *Echium vulgare* L. и пыльца *Plantago major* L.;  
 CE – жилкование листа *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. и пыльца *Echium vulgare* L.;  
 BR – архитектоника *Berteroa incana* (L.) DC. и зародышевые структуры *Reseda lutea* L.;  
 BP – жилкование листа *Berteroa incana* (L.) DC. и гетерокарпия *Plantago major* L.

Среди изученных предприятий наибольшим негативным воздействием на природные среды характеризуется Енакиевский металлургический завод (см. табл. 1, 2), что также косвенно может свидетельствовать об объемах вырабатываемой продукции и (или) уровне технологий очистки промышленных эмиссий. Важно отметить максимальные значения показателя EP в зоне высокого импакта Енакиевского и Юзовского металлургического заводов (40 единиц), что в соответствии со значением индексов трихоморазнообразия *Echium vulgare* и показателя дефектности пыльцы *Plantago major* являются самыми высокими за весь период целевых фитоиндикационных наблюдений в Донбассе (с 1996 по 2021 гг.). Варьирование фитоиндикационных параметров в контрольных условиях преимущественно наблюдали в пределах нормальной фенотипической разницы. Признак в паре BE не имел

высоких абсолютных значений (не более 26 из 40) во всех мониторинговых точках, однако для корреляционного анализа это не является принципиальным, поскольку в целевом поиске важнее определить сродство степени проявления признака в фиксируемых условиях токсических характеристик.

Все вычисленные коэффициенты корреляции (табл. 3.) позволили установить положительную связь в системе парных сравнений числовых массивов данных. Большинство рассчитанных коэффициентов достоверны на 95%-ном доверительном интервале, что важно для дальнейшей практической рекомендации внедрения конкретных признаков в широкий экологический эксперимент по фитомониторингу в промышленном регионе.

**Таблица 3. Корреляционная матрица фитоиндикационных проявлений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами**

Критерий индикации	Коэффициенты корреляции (R)						Общий R
	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Ni	
RC	0,97	0,78*	0,92*	0,95*	0,75*	0,82*	0,95*
EP	0,70*	0,70*	0,59*	0,64	0,50	0,56*	0,67
CE	0,85*	0,83*	0,81*	0,92*	0,62*	0,96*	0,91*
BR	0,97	0,77*	0,87*	0,94	0,82*	0,79*	0,95
BP	0,81*	0,52*	0,89	0,74	0,47	0,55*	0,75*

Примечание: \* – достоверно при  $P \leq 0.05$ ;  
R – коэффициент корреляции (парный и общий),  
RC, EP, CE, BR, BP – критерии индикации (см. табл. 2).

Выявленные закономерности в корреляционной связи с концентрацией каждого отдельно взятого металла, по-видимому, указывают на высокий уровень сопряжения физиологических процессов в видоспецифическом аспекте, что позволяет корректировать возможные монофакторные эксперименты в лабораторных условиях. С точки зрения полевой диагностики и реализации целевой программы по комплексному оцениванию уровня техногенной нагрузки наибольший интерес представляет значение общего коэффициента корреляции в соотношении с критериями фитоиндикационной значимости.

Ранее предложенные комплексные критерии фитоиндикационной значимости [Зайцева, 2021] не позволяли достоверно дифференцировать причинно-следственные связи, что, скорее всего, обусловлено большим количеством критериев внутри одной группы сравнения с привлечением большого количества индикаторных видов (более 5 в одном критерии), хотя этот опыт фитодиагностики для экотопов города Донецка (по районам и улицам) был важен для понимания дальнейшей методики получения и обработки данных. Процесс выявляемого сопряжения фитоиндикационных критериев с дискретными факторами загрязнения окружающей среды рассматриваем в данном случае как пример реализации частной квантификации (фитоквантификации) в донецком экономическом регионе.

Из полученных результатов корреляционного анализа определено, что наиболее информативными являются критерии фитоиндикации RC и CE, что указывает на высокую информационную значимость *Capsella bursa-pastoris* в представленном фитоиндикационном эксперименте. Выделены сопутствующие фитоиндикаторы в парном эксперименте – *Reseda lutea* и *Echium vulgare*, использование показателей которых достоверно значимо в эколого-диагностическом процессе. Выделенные критерии реализованы в два принципиально необходимых этапа: полевой диагностики по видимым морфологическим признакам и обязательной камеральной обработки фиксированного палинологического материала. Поэтому для экспертных заключений о состоянии среды по фитоиндикационным данным

первичной морфологической оценки не достаточно и необходимы процедуры, осуществляемые в профильной эколого-ботанической лаборатории.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с наличием развитого металлургического комплекса в Донбассе сформированы контрастные геохимические условия, в которых существуют природные системы. Общую реакцию фитоиндикаторов на действие промышленного загрязнения можно оценивать как с одной стороны угнетающую нормальный рост и развитие растений, а с другой стороны – как стимулирующую появление многих морфоструктурных адаптаций (аномалии, тератологические новообразования и пр.), позволяющих выживать растениям в неблагоприятных экологических условиях.

Наиболее важными показателями структурной организации растений в условиях техногенного воздействия определены 1) пыльцевой материал и 2) листовой аппарат видов растений, устойчивых фактору промышленного загрязнения. Все виды имеют фитоиндикационную значимость, однако важно оперировать данными, показывающими достоверную разницу.

По степени информативности для фитодиагностики экспериментальные виды ранжированы следующим образом *Capsella bursa-pastoris*, *Echium vulgare*, *Reseda lutea*, *Berteroa incana* и *Plantago major*. Наиболее успешными для комплексной оценки техногенного воздействия определены критерии, учитывающие архитектуру побегообразования *Reseda lutea* и строение пальцевого зерна *Capsella bursa-pastoris*; жилкование листа *Capsella bursa-pastoris* и атипичное строение пыльцы *Echium vulgare*, а также морфотипы габитуса *Berteroa incana* и аномалии в зародышевых структурах *Reseda lutea*.

Использование фитоиндикационных критериев экологического мониторинга в техногенно напряженном регионе существенно образом минимизирует потребность в химическом анализе и увеличивает детальность в создаваемых картографических продуктах за счет увеличения количества изученных геолокалитетов.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность доктору химических наук, заведующей кафедрой аналитической химии Донецкого национального университета А.С. Алемасовой за многолетнюю помощь и поддержку ботанико-экологических исследований, анализ образцов на содержание тяжелых металлов в почве.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова Е.В., Позолотина В.Н., Каримуллина Э.М. Изменчивость костреца безостого в условиях хронического облучения в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология. 2014. № 6. С. 459–468. DOI: [10.7868/S0367059714060031](https://doi.org/10.7868/S0367059714060031)
2. Бекузарова С.А., Бурдзиева О.Г., Качмазов Д.Г. и др. Экологические проблемы на территориях с горнодобывающей промышленностью и активная рекультивация токсических почв // Геология и геофизика Юга России. 2018. № 4. С. 7–17. DOI: [10.23671/VNC.2018.4.20130](https://doi.org/10.23671/VNC.2018.4.20130)

3. Виноградова Н.А., Глухов А.З. Влияние техногенного загрязнения на содержание биологически активных веществ в лекарственных растениях // Экобиотех. 2020. Т. 3, № 3. С. 525–530. DOI: [10.31163/2618-964X-2020-3-3-525-530](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-3-525-530)
4. Глухов А.З., Сафонов А.И. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т. 2. С. 7–14.
5. Глухов А.З., Хархота А.И. Растения в антропогенно трансформированной среде // Промышленная ботаника. 2001. Т. 1. С. 5–10.
6. Гусев А.П., Шпилевская Н.С. Фитоиндикаторы техногенного химического воздействия на луговые экосистемы // Экосистемы. 2020. Т. 22. С. 53-59.
7. Зайцев Д.Ю., Круглова Н.Н. Состояние микроспор в пыльниках ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в различных экологических условиях // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2005. № 1. С. 33–40.
8. Зайцева Е.В. Комплексные показатели уровня трансформации экотопов в г. Донецке по данным фитомониторинга // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". 2021. Т. 1, № 13. С. 74–78.
9. Курченко В.П., Мямин В.Е., Бородин О.И. и др. Использование лишайников для оценки антропогенного загрязнения тяжелыми металлами Восточной Антарктиды // Экобиотех. 2019. Т. 2, № 4. С. 420-424. DOI: [10.31163/2618-964X-2019-2-4-420-424](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-4-420-424)
10. Мандра Ю.А., Есаулко А.Н., Ключин П.В. и др. Экологическая оценка городских территорий с использованием растений различных таксонов в качестве индикаторов // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14, № 4. С. 134–146. DOI: [10.18470/1992-1098-2019-4-134-146](https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-4-134-146)
11. Плугатарь Ю.В., Папельбу В.В. Результаты фитоиндикации условий экотопов скальнодубовых фитоценозов Горного Крыма на тренде рекреации // Экосистемы. 2018. Т. 15(45). С. 61-66.
12. Сафонов А.И. Ботанико-экологические маркеры квантификации природных сред в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3–4. С. 40–47.
13. Сафонов А.И., Гермонова Е.А. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3-4. С. 37–42.
14. Сафонов А.И., Глухов А.З. Методологические аспекты фитомониторинга в техногенно трансформированной среде // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. V Междунар. научн. конф. Донецк: ДонНУ, 2020. С. 254–257.
15. Сафонов А.И., Глухов А.З. Экологический фитомониторинг в Донбассе: эмпирические блоки методологии // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. Матер. XVIII Междунар. научн.-практ. конф. Тольятти, 2021. С. 225–227.
16. Селедец В.П. Трансформация экологической ниши *Festuca rubra* (Poaceae) в различных биоклиматических зонах Евразии // Ботанический журнал. 2018. 103 (7, приложение). С. 3–13. DOI: [10.7868/S0006813618070098](https://doi.org/10.7868/S0006813618070098).
17. Meena M.K. Impact of arsenic-polluted groundwater on soil and produce quality: a food chain study // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. Vol. 192, № 12. P. 785–795. DOI: [10.1007/s10661-020-08770-9](https://doi.org/10.1007/s10661-020-08770-9).

18. Montgomery J.A., Klimas C.A., Arcus J. Soil quality assessment is a necessary first step for designing urban green infrastructure // *Journal of Environmental Quality*. 2016. V. 45 (1). P. 18–25. DOI: [10.2134/jeq2015.04.0192](https://doi.org/10.2134/jeq2015.04.0192).
19. Safonov A.I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // *Problems of ecology and nature protection of technogenic region*. 2013. No. 1. P. 52–59.
20. Yermolaev O.P., Selivanov R.N. The use of automated geomorphological clustering for purposes of urban planning (the example of the city of Kazan) // *World Applied Sciences Journal*. 2014. V. 30., No. 11. P. 1648–1655. DOI: [10.5829/idosi.wasj.2014.30.11.14229](https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.30.11.14229).
21. Zipperer W.C., Wu J., Pouyat R.V. The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes // *Ecological Applications*. 2000. V. 10., No. 3. P. 685–688. DOI: [10.2307/2641038](https://doi.org/10.2307/2641038).