

УДК 595.762.12

UDC 595.762.12

**ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЖУКОВ СЕМЕЙСТВА ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА НА ОСНОВЕ ИНДЕКСОВ ВИДОВОГО БОГАТСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗ ДАННЫХ**

**THE ASSESSEMENT OF BIODIVERSITY OF CARABID BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN THE EASTERN CAUCASUS BASED ON SPECIES RICHNESS INDICES WITH USE OF THE DATABASE SYSTEM**

Белоусов Игорь Александрович  
к.б.н., ведущий научный сотрудник

Belousov Igor Aleksandrovitch  
Cand.Biol.Sci., leading researcher

Кабак Илья Игоревич  
к.б.н., старший научный сотрудник  
*Государственное научное учреждение  
Всероссийский институт защиты растений  
Российской Академии сельскохозяйственных наук  
(ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии)  
Санкт-Петербург, Пушкин, Россия*

Kabak Ilia Igorevitch  
Cand.Biol.Sci., senior researcher  
*State scientific institution "All-Russian Institute of  
Plant Protection, Russian Academy of Agricultural  
Sciences" (GNU VIZR)  
Saint-Petersburg, Pushkin, Russia*

Нахибашева Гюльнара Маммаевна  
к.б.н., доцент кафедры биологии и  
биоразнообразия

Nakhibasheva Gulnara Mammaevna  
Cand.Biol.Sci., associate professor of the Biology and  
Biodiversity Department

Мухтарова Гюльнара Магомедовна  
к.б.н., доцент кафедры биологии и  
биоразнообразия  
*Дагестанский государственный университет,  
г. Махачкала, Россия*

Mukhtarova Gulnara Magomedovna  
Cand.Biol.Sci., associate professor of the Biology and  
Biodiversity Department  
*Dagestan State University,  
Makhachkala, Russia*

На основе информации, накопленной в системе управления базами данных, проведено сравнительное изучение индексов видового богатства для жуков семейства жужелиц разных территорий Восточного Кавказа. Изучена зависимость индексов от методов сбора, объема выборки, локализации изучаемой территории и ее площади

Based on the information stored in the system of database management, biodiversity indices with special accent on measures of species richness are comparatively studied for Carabid beetles in various areas of the East Caucasus. Biodiversity indices are shown to be dependent on sampling or collecting techniques, sample size, geographic localization and its area

Ключевые слова: БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ИНДЕКСЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ, ИНДЕКС МАРГАЛЕФА, ИНДЕКС МЕНХИНИКА, Q-СТАТИСТИКА, ИНДЕКС ШЕННОНА, ЖУЖЕЛИЦЫ, ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ, ДАГЕСТАН, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ

Keywords: BIODIVERSITY, BIODIVERSITY INDICES, MARGALEF'S INDEX, MENHINIK'S INDEX, Q-STATYSTICS, SHANON'S INDEX, CARABIDS, EAST CAUCASUS, DAGESTAN, DATABASE MANAGEMENT SYSTEM

Термин биологическое разнообразие (сокращенно биоразнообразие) очень широкий и может включать почти все проявления изменчивости биологических объектов на различных уровнях [3]. Однако чаще под биоразнообразием понимают видовое разнообразие сообществ или территорий, что связано с исключительно важной ролью дискретности

жизни на видовом уровне. В наиболее общем виде биологическое разнообразие сообщества описывается двумя параметрами: видовым богатством (то есть количеством видов) и относительным обилием видов. Эти две стороны биоразнообразия не связаны, что становится основной причиной неопределенности при его оценке. Настоящая работа посвящена изучению только первого аспекта биоразнообразия. Индексы выравненности будут рассмотрены в отдельной публикации.

При изучении достаточно многочисленной группы организмов почти никогда неизвестно, сколько видов населяют данное сообщество, и какие виды являются действительно характерными для него, поскольку в распоряжении имеются только ограниченные выборки. Видовое богатство обнаруживает довольно сложные и различные для разных сообществ типы зависимостей от объема выборки, методов сбора, обследуемой площади и ряда других факторов.

Применение того или иного индекса биоразнообразия обычно определяется традициями, сложившимися в данной области биологии, поскольку чаще всего объема данных не хватает для объективного сравнения различных индексов. Однако использование систем управления базами данных (СУБД) позволяет в значительной степени преодолеть это ограничение. В контексте рассматриваемой проблемы СУБД позволяют формировать выборки переменного объема в зависимости от заданных критериев и изучать связанное поведение индексов биоразнообразия.

### **Материалы и методы**

Материалами для настоящей работы послужили многолетние сборы авторов, богатые коллекции эколога-географического факультета Дагестанского государственного университета и Института прикладной

экологии (г. Махачкала), а также вся доступная авторам информация по жужелицам Восточного Кавказа, включая опубликованные данные по отдельным группам, и весь тот многочисленный материал, который был предоставлен авторам для определения разными специалистами за многие годы. Работа стала возможной благодаря разработке базы данных (БД) по жужелицам Восточного Кавказа. В ее основу положена БД по жужелицам, структура которой и особенности программного интерфейса уже обсуждались авторами [1, 2]. Таким образом, для рассматриваемого региона в распоряжении авторов оказалась информация о распределении 120 000 экземпляров жужелиц, относящихся к 650 таксонам.

Оценка различных индексов проводилась путем написания программ в среде СУБД FOXPRO 9.0, создававших и обчислявших выборки переменного объема в зависимости от ряда факторов с помощью SQL запросов. Для графического представления результаты обчислений с помощью низкоуровневых файловых функций передавались в Excel и FreeMat. Картографическое представление индексов сделано с помощью программы SAS.Планета (версия 120808, сайт разработчика: <http://sasgis.ru>), данные этой программе передавались в виде файла формата kml.

### ***Обзор индексов видового богатства***

Для полностью изученных сообществ лучшей мерой видового богатства является количество видов. Однако обычно имеются данные только по отдельным выборкам, причем по мере увеличения объема выборки увеличивается и количество видов. Поэтому при оценке биоразнообразия приходится опираться на индексы, которые различным образом связывают объем выборки  $N$  с количеством видов  $S$ . Причем

индекс должен быть тем больше, чем больше  $S$  (в числителе) и тем больше, чем меньше  $N$  (различные функции от  $N$  в знаменателе) при одинаковом  $S$ . Например, к простым для расчета и весьма популярным мерам биоразнообразия относятся два следующих индекса:

**Индекс** видового разнообразия **Маргалефа**  $D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$ .

**Индекс** видового разнообразия **Менхиника**  $D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$

**Кемптон и Тейлор** предложили не зависящий от типа распределения индекс  $Q$ :

$$Q = \frac{\frac{1}{2}n_{R1} + \sum_{R1+1}^{R2-1} n_r + \frac{1}{2}n_{R2}}{\log\left(\frac{R2}{R1}\right)}, \text{ где}$$

$R1, R2$  – нижний и верхний квартили (то есть первая и третья квартиль выборки по количеству видов),  $n_R$  – число видов в соответствующем классе обилия,  $n_{R1}$  – число видов, соответствующих классу обилия  $R1$ ,  $n_{R2}$  – число видов, соответствующих классу  $R2$ . На графике распределения коэффициент  $Q$  соответствует углу наклона кривой накопленного видового богатства в ее средней части.

Названные индексы подробно обсуждались многими авторами [4, 3, 5, 6].

В настоящей работе рассматривается также популярный в экологических исследованиях индекс **Шеннона** [7]. Хотя этот информационный индекс не является индексом видового богатства, он обнаруживает сильную зависимость от числа видов  $S$  [5] и поэтому пригоден для оценки видового разнообразия. Индекс разнообразия Шеннона предполагает, что виды попадают в выборку из неопределенно

большой генеральной совокупности, причем все виды генеральной совокупности представлены в выборке. Неопределенность в этом случае будет максимальной, когда все события ( $N$ ) будут иметь одинаковую вероятность наступления ( $p_i=1/N$ ). По мере увеличения частоты некоторых событий неопределенность уменьшается и становится равной нулю в случае, если остается лишь одно событие, и вероятность его наступления равна 1. Индекс Шеннона рассчитывается по формуле:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i ,$$

где  $p_i$  - доля особей  $i$ -го вида в генеральной совокупности, определяемая по доли вида в выборке как  $n_i/N$ .

При расчете индекса Шеннона чаще всего используют двоичный логарифм. Значения этого индекса обычно варьируют в пределах от 1.5 до 3.5 [3]. Важной особенностью индекса Шеннона, во многом определившей его популярность, является тот факт, что при его расчете для нескольких выборок распределение полученных значений подчиняется нормальному закону, что позволяет использовать весь аппарат параметрической статистики, включая критерий Стьюдента для определения значимых отличий между выборками.

При сравнении различных индексов обычно нет объективных критериев для выбора того или иного индекса. Однако с теоретической точки зрения к индексам может быть предъявлен ряд требований. Такой анализ был проведен несколькими авторами, причем наиболее строгий анализ принадлежит Песенко Ю.А. [4]. Особый интерес представляют немногочисленные работы по всестороннему сравнению различных индексов биоразнообразия в применении к конкретным данным [5].

### **Выбор модельных регионов**

Для выбора модельных регионов была написана специальная программа, которая, опираясь на число выборок, количество собранных экземпляров и число видов, просканировала все точки в регионе и выбрала наиболее полно изученные локалитеты (условно эти данные могут рассматриваться как «точечные» и не зависящие от площади) в качестве модельных. Далее элементарные выборки складывались в случайном порядке (в программе использовался генератор случайных чисел), и для каждой полученной выборки рассчитывались индексы биоразнообразия.

### **Анализ индексов биоразнообразия**

На рисунке 1 показаны основные данные по динамике накопленного видового богатства, объема выборки, количества проб и значений индексов Маргалефа и Менхиника для района Кусарчая в северном Азербайджане (выровненные данные – только материалы почвенных ловушек из агроценозов). В левой части рисунка графики приведены к числу проб (но для большей информативности название меток соответствует объему выборок, а не количеству проб). Такое обозначение использовано и далее по тексту для рисунков 2-4, 6. В правой части рисунка данные приведены к количеству экземпляров, то есть объему выборки.

Сравнение поведения двух рассматриваемых индексов позволяет сделать несколько выводов. Прежде всего, нужно отметить, что оба индекса, вопреки преследуемым целям, сильно зависят от объема выборки, причем индекс Маргалефа увеличивается при увеличении объема выборки почти по тому же паттерну, что и само видовое богатство  $S$ . Индекс Менхиника, после довольно резких скачкообразных изменений при

небольших выборках, более или менее стабилизируется на уровне значения 0.6 после достижения накопленного объема выборки чуть более 5000 экземпляров и далее очень медленно падает к значению 0.5.

С другой стороны, колебания значений индекса Маргалефа при маленьких выборках менее значительны и несут более предсказуемый характер, хотя зависимость индекса от объема выборки усиливается при уменьшении размера выборки. Отметим также, что при большой разнице в размере проб использование объема выборки (то есть количества собранных экземпляров) вместо количества проб более предпочтительно, поскольку делает форму кривой более выраженной.

Аналогичные данные для Закатальского района Азербайджана, но уже с учетом всех методов сбора, приведены на рисунке 2. Сравнение двух названных регионов представляет значительный интерес из-за одинакового итогового числа зарегистрированных видов (порядка 80). Обращает на себя внимание сходная форма кривых, полученных в обоих регионах. Конечное значение индекса Маргалефа в обоих случаях примерно одинаково (около 8), несмотря на то, что во втором районе общий объем выборки почти в три раза меньше. Этот пример иллюстрирует сложности применения индекса Маргалефа при сильных отличиях в объеме выборок. Прямое сравнение конечного значения индекса Менхиника (0.8 против 0.5), напротив, более адекватно отражает большее видовое разнообразие выборки из Закатальского района.

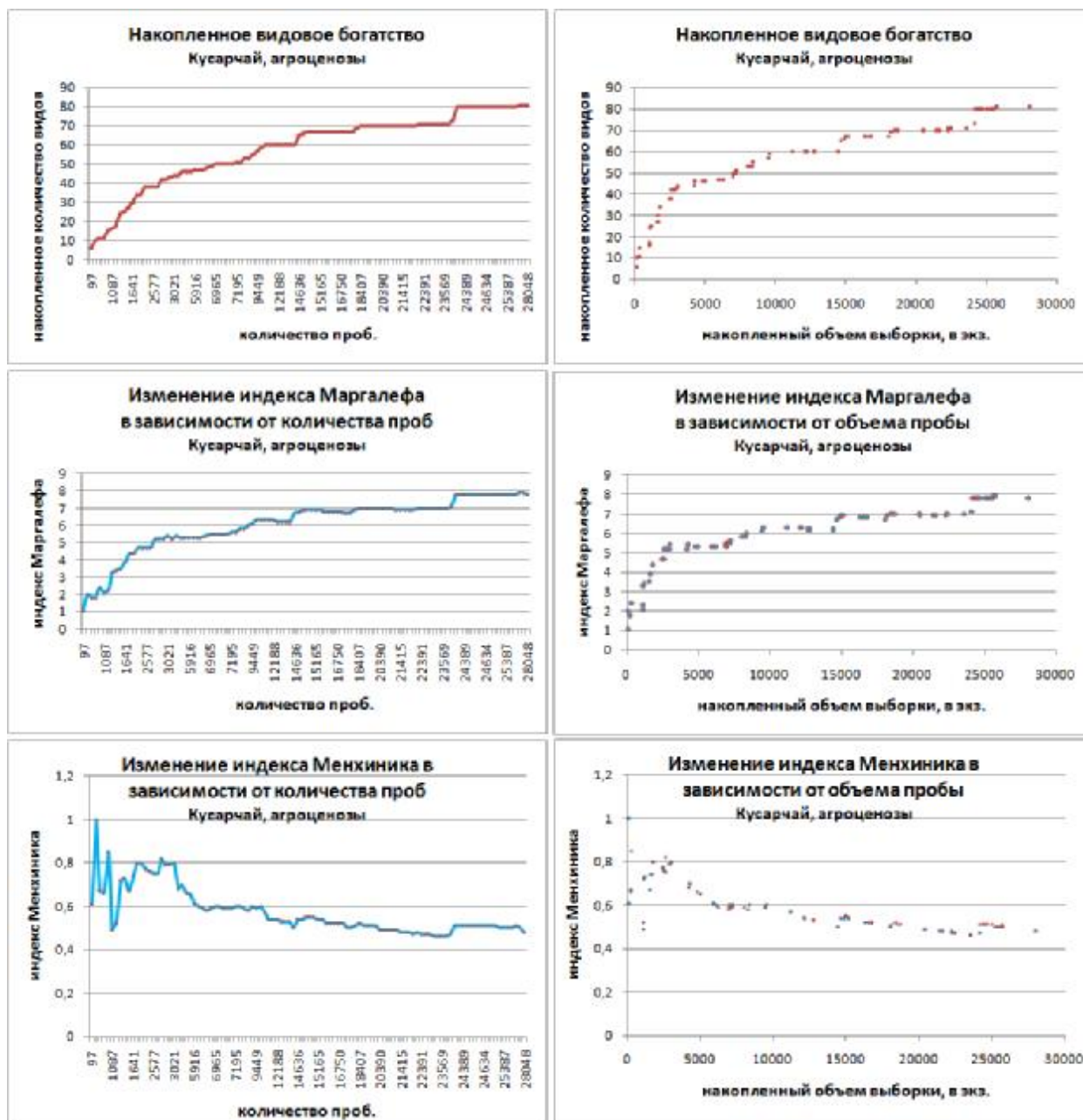


Рисунок 1. Зависимость количества найденных видов и индексов видового богатства от объема выборки (количества экземпляров). Материалы почвенных ловушек, Кусарчай (северный Азербайджан).

Но, естественно, что использование конечных значений индексов не оправдано, поскольку из приведенных графиков очевидно, что при больших объемах выборки оба рассматриваемых индекса слабо, но почти линейно зависят от объема выборки.





Рисунок 2. Зависимость количества найденных видов и индексов видового богатства от объема выборки. Все материалы, Закатала (северный Азербайджан).

Поэтому правильнее сравнить значения в области наиболее выраженного изгиба графиков функций. Такой подход дает значение индекса Маргалефа чуть больше 6 для Закатал против 5 для Кусарчая.

Таким образом, даже в этом случае использование индекса Маргалефа затруднено, особенно из-за сложности точного определения зоны перегиба. Более сложная форма графика индекса Менхиника позволяет легче найти зоны перегибов. Как по максимальным значениям (1.2 против 0.8), так в области стабилизации значения (0.8 против 0.6), более высокое разнообразие выборки из Закатальского района очевидно.

На рисунке 3 приведены значения рассматриваемых индексов для материалов, собранных с использованием светоловушки в окрестностях села Крайновка (северный Дагестан). Поведение обоих индексов аналогично тому, что мы уже видели для других районов (за исключением отсутствия горба при маленьких выборках для индекса Менхиника), но абсолютные значения обоих мер почти в два раза выше тех, которые были получены ранее. Этот результат кажется несколько удивительным, поскольку на свет летит лишь только часть видов жужелиц (виды с развитыми крыльями, с определенным типом суточной активности и пр.). Однако и почвенные ловушки отличаются не меньшей избирательностью, учитывая более эффективно крупные, быстро бегающие виды жужелиц. Помимо этого, большая часть жужелиц, летящих на свет в аридных

ландшафтах, относится к обитателям приводных биотопов, для которых характерно высокое разнообразие.

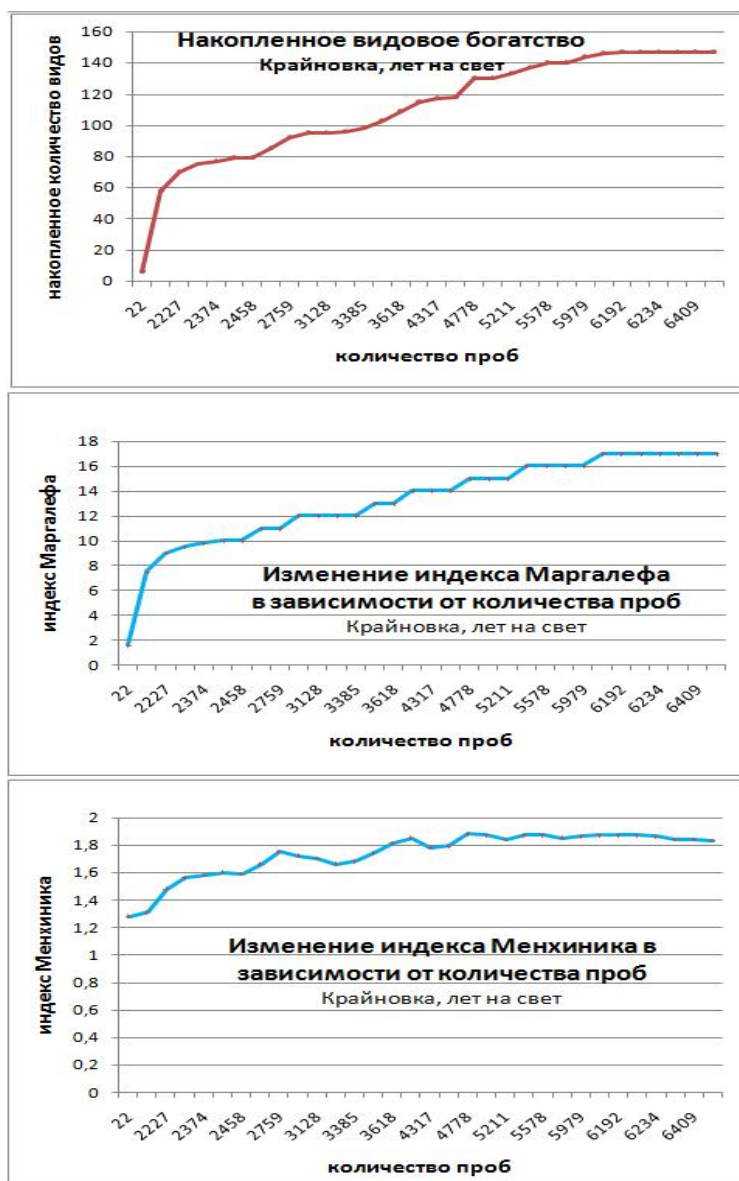


Рисунок 3. Зависимость количества найденных видов и индексов видового богатства от объема выборки. Окрестности Крайновки (Северный Дагестан). Лет на свет.

Среди всех горных выборок сборы жужелиц в Табасаранском районе Дагестана (рисунок 4) характеризуются самым большим объемом (почти 8 000 экземпляров), большим количеством проб и равномерностью их распределения по территории.

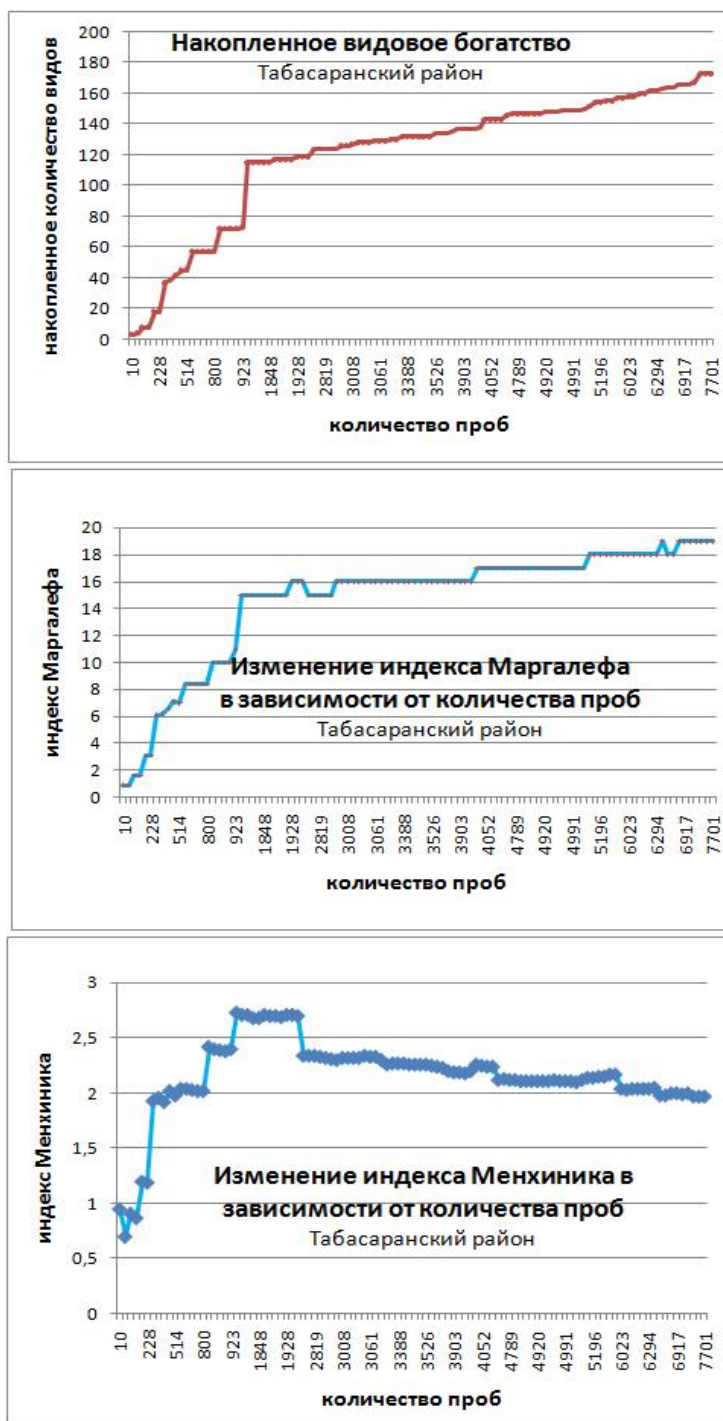


Рисунок 4. Зависимость количества найденных видов и индексов видового богатства от объема выборки. Горные территории Табасаранского района (Дагестан).

В отличие от всех рассмотренных ранее случаев, эти сборы проведены ручным способом, разными людьми и в широком диапазоне

высот. Несмотря на такую разницу в условиях сбора, форма кривых повторяет уже рассмотренные паттерны.

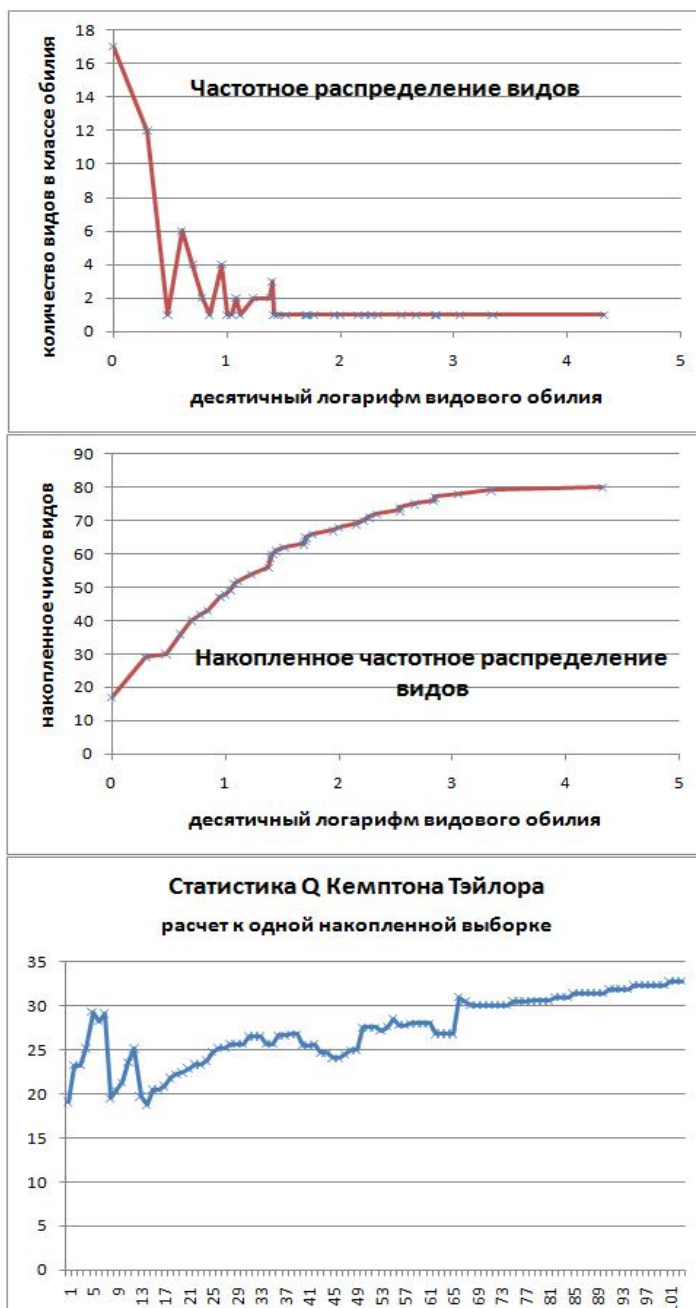


Рисунок 5. Изменение статистики Q Кемптона-Тэйлора в зависимости от количества выборок. Окрестности Кусарчая (северный Азербайджан).

Из всех индексов видового богатства, статистика  $Q$  Кемптона-Тэйлора рассматривается обычно как наиболее обоснованная. Этот индекс

не предполагает в явном виде соответствия какому-либо математическому распределению, но довольно сложен для подсчета. На рисунке 5 показана динамика этого индекса в зависимости от количества проб для сборов у поселка Кусарчай. Первые две кривые, на основании которых рассчитывается индекс, приведены для последней выборки максимального объема, то есть для последней (104-й) точки нижнего графика. Относительная стабилизация значения индекса происходит при объеме выборки, превышающем 4 000 экземпляров жужелиц.

Анализируя аналогичные данные для других районов Дагестана, можно констатировать весьма близкий характер зависимости статистики  $Q$  от выборки. Вначале всегда отмечается некоторый рост индекса, который при достижении определенного порога замедляется или даже полностью стабилизируется. Индексы для большей площади сбора (Табасаранский район) и сбора на свет опять оказались ожидаемо больше (примерно в два раза), чем однотипные сборы с помощью почвенных ловушек.

Рассмотрим теперь индекс Шеннона – один из самых популярных информационных индексов биоразнообразия. На рисунке 6 приведены данные для Кусарчая.

В левом столбце приведены графики для одного набора данных (одна и та же рандомизация), в правом – динамика изменения индекса Шеннона для двух последующих рандомизаций выборок из одного и того же пула. Очевидно, что значения индекса Шеннона очень сильно и случайным образом меняются при небольших выборках. Стабилизация индекса Шеннона происходит при объеме выборки около 5000 экземпляров, что напоминает значения, полученные для индекса Менхиника.

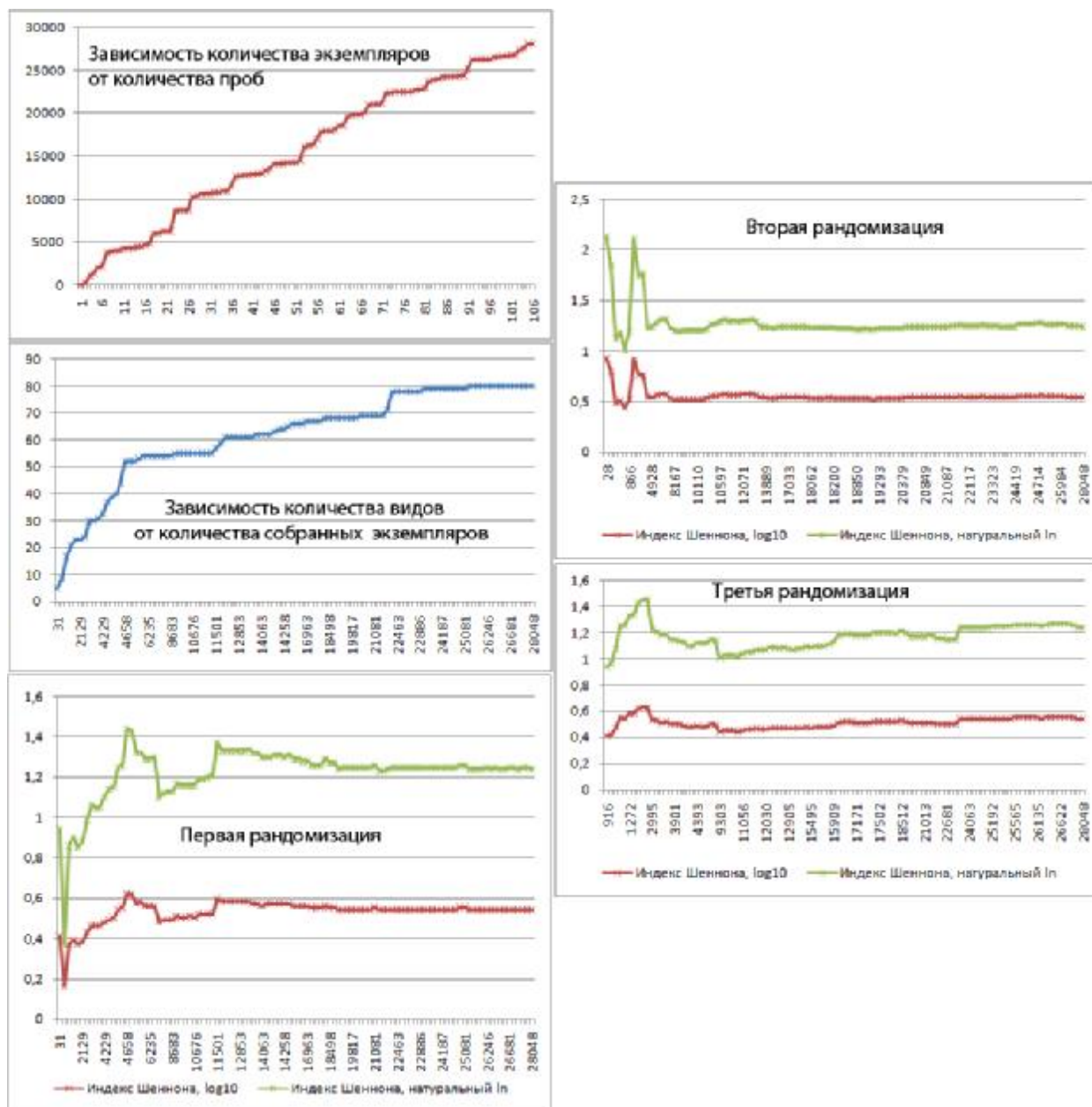


Рисунок 6. Зависимость количества найденных видов и индекса Шеннона от объема выборки. Окрестности Кусарчая (северный Азербайджан).

***Зависимость биоразнообразия от площади анализируемого региона***

На рисунках 7-10 приведена динамика значений индексов Менхеника и Маргалефа (в отличие от предыдущих случаев рассчитан по натуральному, а не десятичному логарифму, что сказывается только на уменьшении его значений) для всего Восточного Кавказа и для всех основных методов сбора отдельно. Анализ этих данных показывает, что

наименьшие значения индексов видового богатства характерны для материалов, собранных почвенными ловушками, наибольшим разнообразием отличаются «ручные» сборы в ходе маршрутных обследований, сборы на свет занимают промежуточное положение. Суммарные данные для всех методов сбора оказываются весьма близкими к ручным сборам, особенно при коррекции данных для компенсации разницы в объеме выборок.

Сравнение данных по динамике индексов видового богатства для всего Восточного Кавказа с таковыми для отдельных районов позволяет сделать вывод о том, что при увеличении территории соответствующие тенденции в зависимости индекса от объема выборки становятся более выраженными, а область максимального перегиба графика функции приходится на еще большие значения объема выборок.

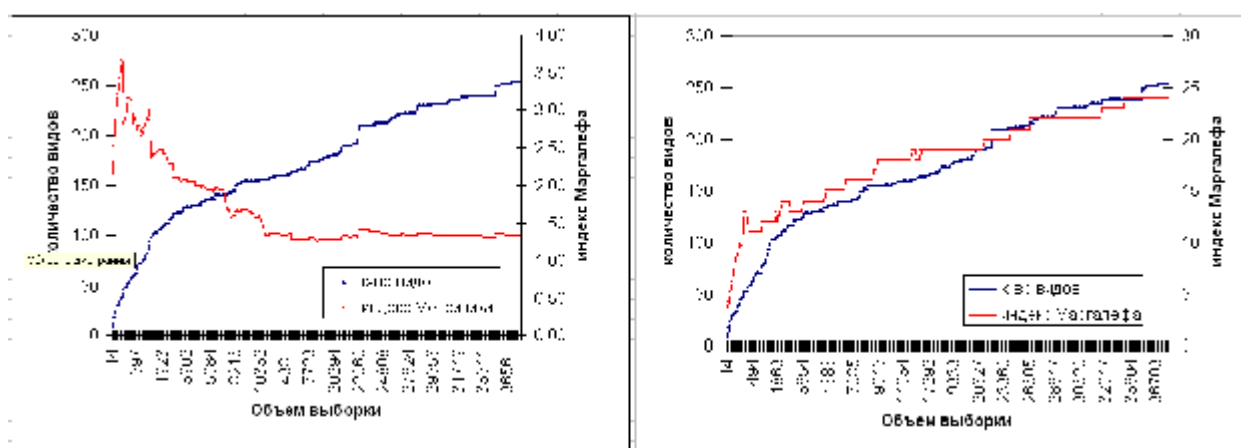


Рисунок 7. Зависимость индексов Менхеника и Маргалефа от объема выборки для территории Восточного Кавказа.

Материалы почвенных ловушек.



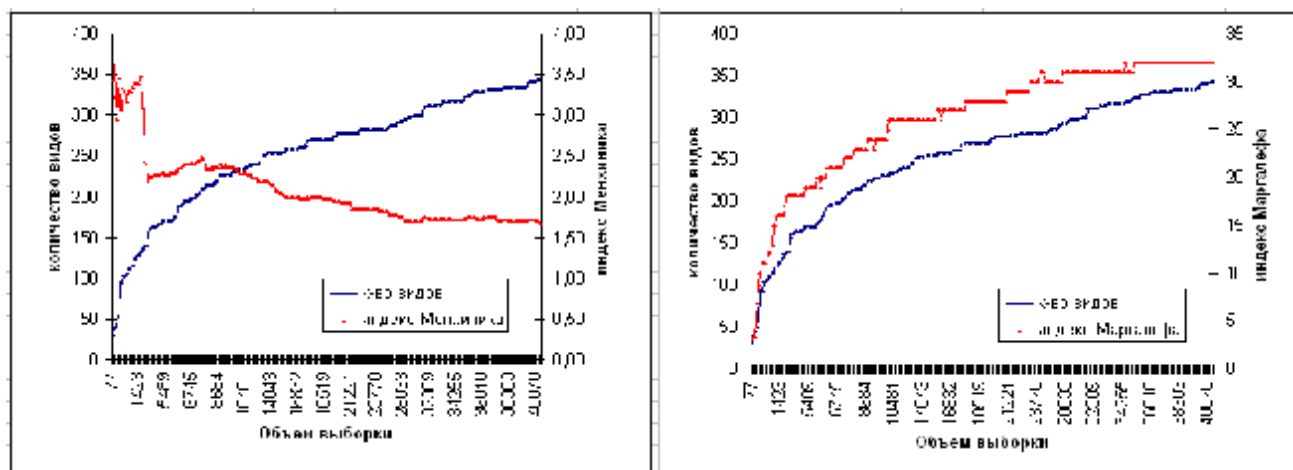


Рисунок 8. Зависимость индексов Менхиника и Маргалефа от объема выборки для территории Восточного Кавказа. Материалы светоловущек.

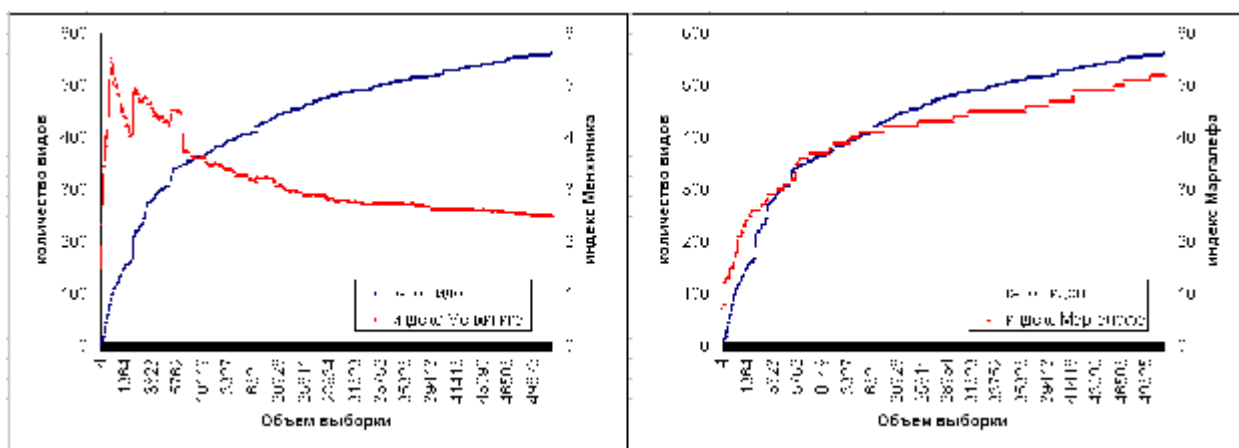


Рисунок 9. Зависимость индексов Менхиника и Маргалефа от объема выборки для территории Восточного Кавказа. Сборы в ходе обследований.

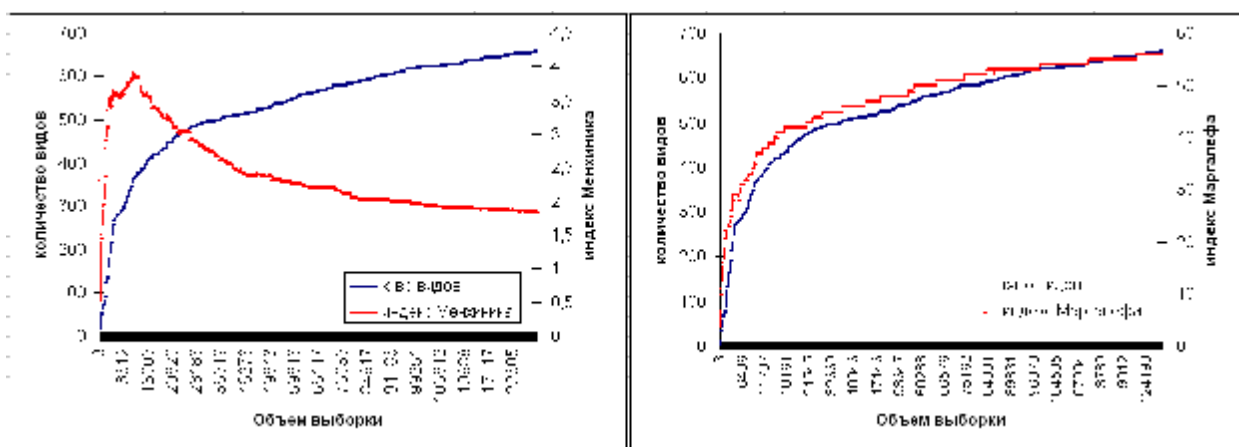


Рисунок 10. Зависимость индексов Менхиника и Маргалефа от объема выборки для территории Восточного Кавказа. Все материалы.

### ***Географический анализ индексов биоразнообразия на Восточном Кавказе***

Для анализа географической изменчивости индексов биоразнообразия была написана специальная программа. В блоке переменных параметров устанавливаются координаты исследуемого района по диапазону широты и долготы, а также инкрементный шаг, в соответствии с которым эта территория разбивается на прямоугольные области со стороной, равной величине инкремента. Для каждой из полученных прямоугольных областей рассчитываются: объем выборки, количество отмеченных видов и соответствующий индекс биоразнообразия. Полученные данные и координаты соответствующей прямоугольной области записываются в массив. Для наглядного представления этих данных в программе предусмотрен модуль, который выводит полученные значения для районов, по которым имеется информация, в виде меток на карте программы SAS.Планета. Результаты работы программы приведены на рисунках 11 и 12.

Изучение этих данных позволяет сделать следующие выводы. В горной части Восточного Кавказа выделяется зона у восточного окончания передовых хребтов около границы Дагестана и Азербайджана, где сразу в нескольких районах значения индекса превышают 3 единицы. Вероятно, это объясняется не только высокой степенью эндемизма локальной фауны, но и резким градиентом климатических условий, обусловленным спецификой рельефа (высокие горы непосредственно открываются в долину). Важно отметить, что данные на основе индекса Менхиника в этом случае хорошо согласуются с биологическими данными о распространении и замещении редких видов жужелиц. Эта зона, несомненно, является центром наиболее своеобразного фаунистического региона Дагестана.

Определенный интерес представляет и очень высокое значение индекса (3.6) для восточного склона восточных отрогов Главного Кавказа в

Сиазаньском районе Азербайджана, где и по полевым данным (пока не все они введены в БД) была отмечена очень высокая степень разнообразия степных и полупустынных элементов.

В пределах горной части Дагестана высокие значения индекса Менхиника также регулярно встречаются в Юго-Западном Дагестане около г. Гутон, где проходит одна из основных зоогеографических границ в пределах Дагестана. Здесь происходит, с одной стороны, замена обособленного южнодагестанского комплекса видов на более типичный для остальной части Восточного Кавказа набор видов, а с другой – исчезновение ряда широко распространенных по всему Кавказу и даже за его пределами таксонов, которые не проникают далее на восток.

Сравнивая значения индексов биоразнообразия для горной и равнинной части Дагестана, необходимо помнить, что большая часть равнинных видов была собрана с помощью светоловушек. Как было показано ранее, значения индексов при этом методе сбора оказываются в полтора-два раза выше тех, которые получаются для того же региона с помощью почвенных ловушек. С этой поправкой можно констатировать, что в целом равнинные сообщества жуужелиц отличаются более низкими значениями индексов видового богатства. Особенно показателен в этом случае пример с материалами почвенных ловушек из Хачмасского района в северном Азербайджане (значения индекса Менхиника 0.5 при выборке, превышающей 28 000 экземпляров).

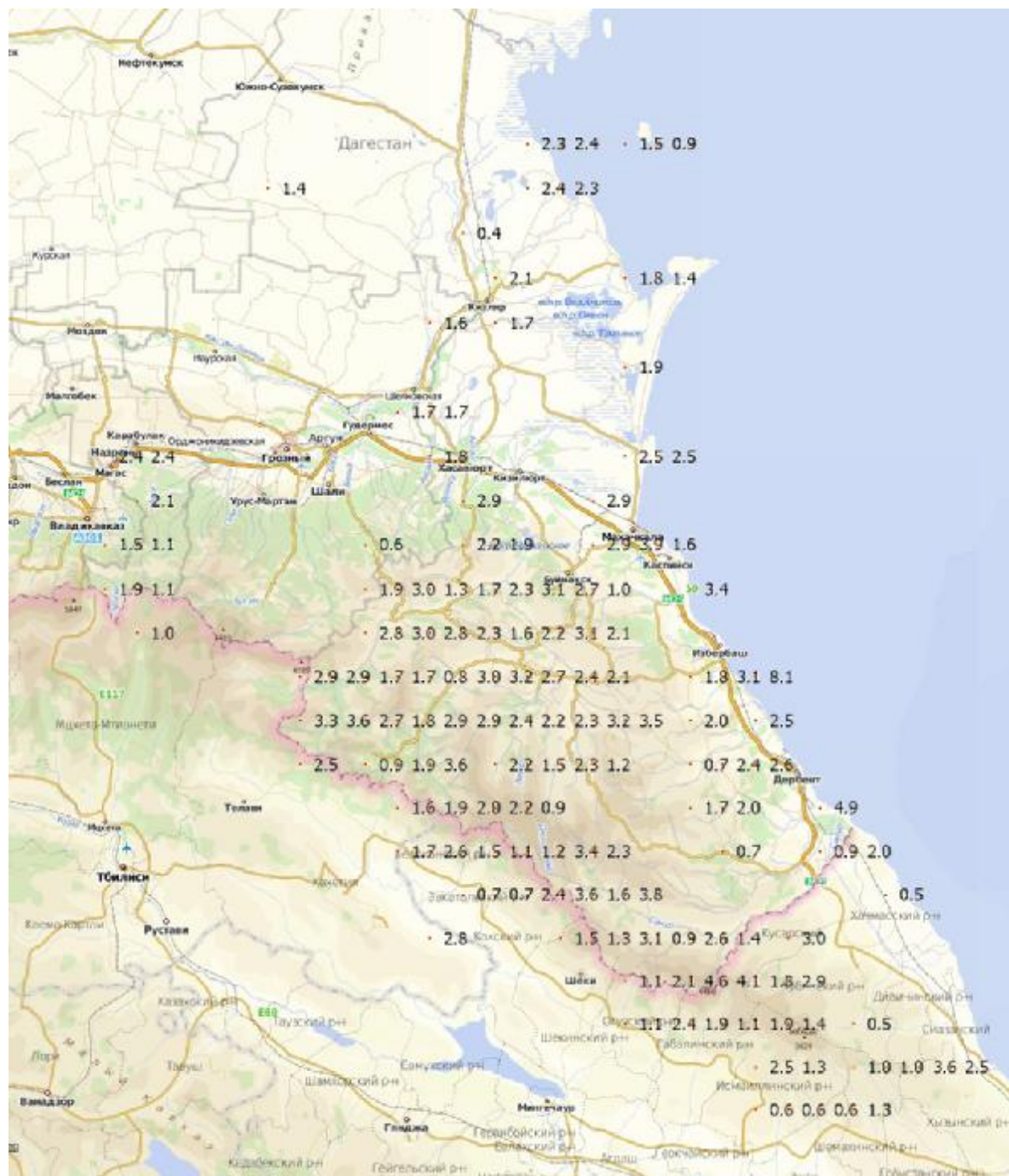


Рисунок 11. Географическое варьирование индекса Менхника для прямоугольных областей Восточного Кавказа со сторонами в 10 минут широты и долготы.

На рисунке 12 приведены аналогичные данные для более крупных прямоугольников со стороной в 20 минут. Основные закономерности распределения индекса Менхника остались теми же. Опять отчетлив

некоторый провал между юго-западным и южным центрами разнообразия. В то же время, на этих данных заметнее проявилось высокое разнообразие на северной периферии горного Дагестана, где наблюдается резкая смена мезофитных сообществ на ксерофитные. Вероятно, при увеличении анализируемой площади, в один прямоугольник стали попадать более разнообразные экосистемы. С другой стороны, нельзя забывать и о нескольких эндемичных или редких таксонах, распространенных именно вдоль северной периферии горных массивов Дагестана (частью еще неописанные виды рода *Trechus* группы *fusculus*, неописанный эндемичный вид рода *Duvalius* и некоторые другие).

Отдельно необходимо остановиться на значении индекса 8.1, отмеченного для окрестностей поселка Каякент. Это значение индекса соответствует фаунистическому списку, а не количественным данным. Даже, несмотря на это, значение индекса выпало на фоне смежных областей так резко только из-за того, что сама точка оказалась единственной в прямоугольнике, большая часть которого пришлась на Каспийское море. Объединение этих данных с обычными количественными материалами довольно быстро маскирует такие выскакивающие варианты.

Аналогичным образом было изучено географическое варьирование индекса Маргалёфа. Как уже отмечалось, он в значительно большей степени зависит от объема выборки, причем непрерывно увеличивается при очень больших выборках, в то время как индекс Менхиника, наоборот, при таких условиях имеет слабо выраженную тенденцию к понижению.

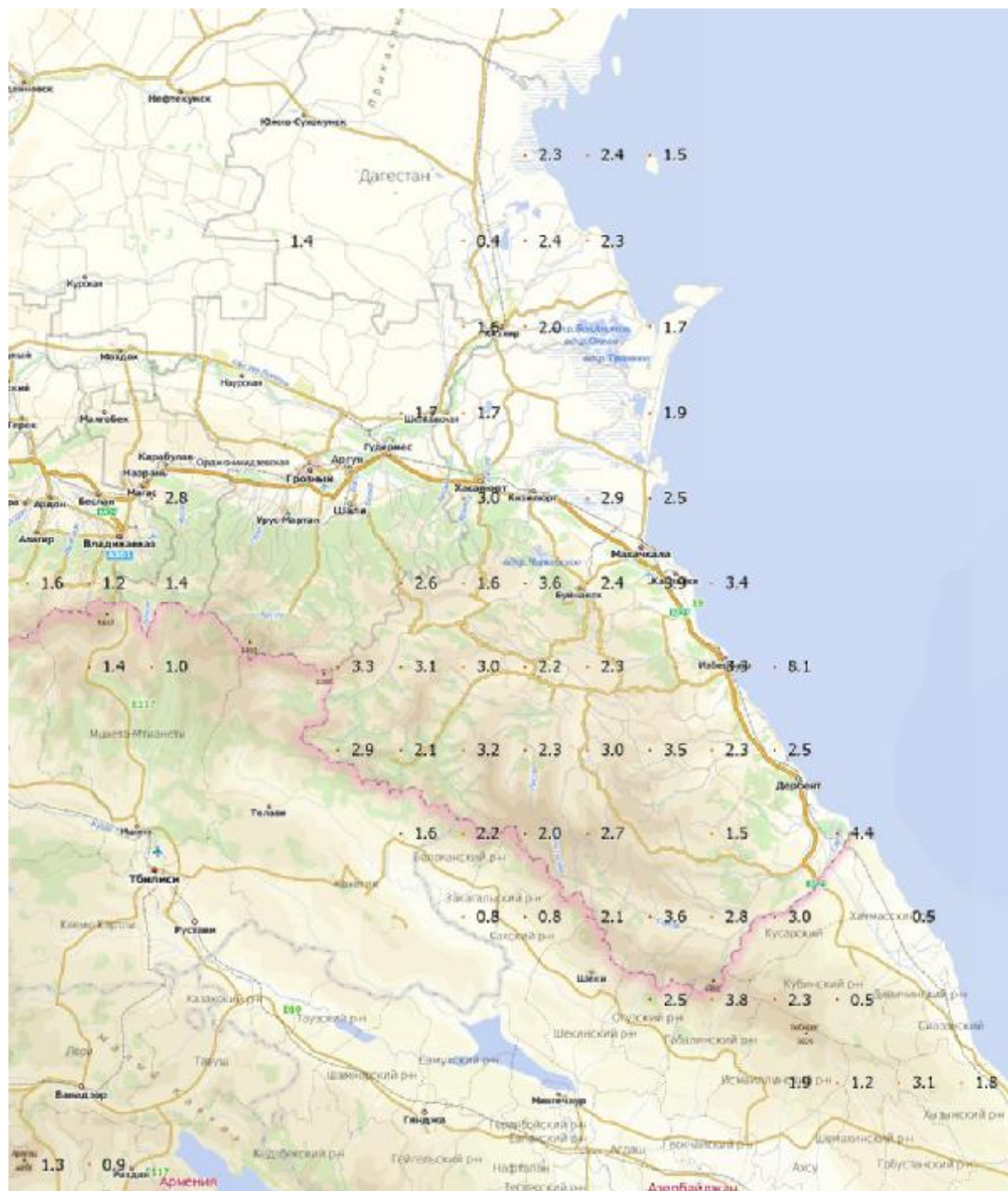


Рисунок 12. Географическое варьирование индекса Менхиника для прямоугольных областей Восточного Кавказа со сторонами в 20 минут широты и долготы.

Поэтому, ожидаемые значения индекса Маргалефа для Хачмасского района Азербайджана и для Закатальского района Азербайджана оказались более высокими на фоне остальных территорий, чем это было в случае с <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/28.pdf>

индексом Менхиника. Большие значения индекса можно отметить и для среднегорий Ингушетии, где также были проведены массовые ловушечные сборы. Еще в большей степени наблюдается увеличение индексов для данных с использованием светоловушек в северном Дагестане, где значения индекса местами превышают 15 (для десятичного логарифма). Однако, несмотря на отмеченную специфику, поведение индекса Маргалёфа в горных территориях Восточного Кавказа очень напоминает таковое индекса Менхиника: высокие значения в горных районах Южного Дагестана на границе с Азербайджаном и в окрестностях горы Гутон. К этим уже обсуждавшимся районам прибавляется еще один регион горного Дагестана – северные массивы хребта Нукатль (надо отметить, что и индекс Менхиника здесь был достаточно высок, колеблясь около значения 3). Несомненно, что и в этом случае очень высокое значение индекса Маргалёфа обусловлено большим объемом выборки. В заключение отметим и высокое значение этого индекса в северо-западных периферийных горных массивах Дагестана, причина чего уже обсуждалась при анализе индекса Менхиника.

Резюмируя все приведенные данные, можно сделать вывод о том, что различные индексы видового богатства в известной степени дополняют друг друга, поскольку обладают разной разрешающей способностью в различных условиях. Однако при этом приходится признать, что это во многом затрудняет их использование и требует проведения дополнительного анализа. Специфика поведения рассмотренных индексов стала доступной для оценки исключительно благодаря возможности формирования динамических массивов информации по различным критериям, что реализуемо только в рамках СУБД.

Кратко повторим основные результаты проведенного анализа.

Большинство индексов проявляют сильную зависимость от объема выборки и, таким образом, не позволяют напрямую сравнивать выборки разного объема. В этом отношении в лучшую сторону отличаются индекс Менхиника и индекс Шеннона, наименее удобным для применения оказался индекс Маргалефа. Статистика Q Кемптона-Тейлора значительно сложнее вычисляется, чем вышеназванные индексы, но не продемонстрировала принципиальных преимуществ по сравнению с лучшими из них. Зависимость мер видового богатства от объема выборки требует разработки дополнительных приемов их нормализации. Объем выборки, при которой происходит относительная стабилизация значений индексов, исчисляется несколькими тысячами экземпляров.

При сравнении различных методов сбора, наименьшие индексы разнообразия продемонстрировали почвенные ловушки, наибольшие – материалы, собранные руками в ходе обследований. Из стандартизированных методов сбор на свет обеспечивал наиболее высокие значения индексов видового богатства.

Увеличение площади обследования уменьшает разницу в оценках биоразнообразия с применением разных методов сбора, но повышает требования к объему выборок.

Несмотря на указанные недостатки, применение индексов видового богатства позволяет при достаточном количестве информации выделить районы максимального биоразнообразия. Эти районы совпали с регионами, выделенными на основании анализа видовых ареалов.

### **Благодарности**

Авторы благодарны Г.М. Абдурахманову, Е.В. Ильиной, (Махачкала), Г.Э. Давидьяну, Б.М. Катаеву, (Санкт-Петербург), Е.В. Комарову (Волгоград), В.Ю. Савицкому (Москва) за предоставленный материал.



## Литература

1. Белоусов И.А., Кабак И.И. Опыт использования баз данных для экологического анализа на примере жуков семейства жужелиц (Coleoptera, Carabidae) // Инф. Бюлл. МОББ №38, 2007. 26-31с.
2. Белоусов И.А., Кабак И.И. Опыт использования баз данных в таксономических и экологических исследованиях на примере изучения жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae) // XIV съезд Русского энтомологического общества. Россия, Санкт-Петербург, 27 августа – 1 сентября 2012. Материалы съезда. СПб, 2012. - 51с.
3. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволицкий Д.А. Биоразнообразие и методы его оценки. М.: Изд-во МГУ. 1999. - 94с.
4. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. -287с.
5. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – 91-129с.
6. Magurran, A.E. Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK, 2004. -256p.
7. Shannon, C.E., Warren Weaver. The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949. -117p.