

RESEARCH ARTICLE

Insect biodiversity as indicators of environmental condition of territories of South Kazakhstan

G.G. Slivinsky¹, V.L. Kazenas², I.I. Temreshev²

¹LLP Educational Research Scientific and Production Center "Baysyerke-Agro", Almaty oblast, Panfilov district, Arkabay village, Otegen Batyr street, 3, Kazakhstan

²LLP "Zh. Zhiembayev Kazakh R&D Institute of Plant Protection and Quarantine", Ministry of Agriculture of Republic of Kazakhstan, 050070, Almaty, Nauryzbaysky district, md. Rahat, Kultobe street, 1, Kazakhstan

E-mail: gslivinsky@mail.ru, kazenas_vl@mail.ru, temreshev76@mail.ru

The results of visual field surveys of the composition of indicator insect species and their abundance, expressed in points, for natural and anthropogenic transformed territories of southern Kazakhstan are presented. The information content of various indices of the species diversity of insects was found at a five-point estimate of abundance. For the studied territories, the most informative indicators on the range of variability were the number of registered species, as well as the polydominance index and the index of Margalef. Under standard visual accounting conditions used, a linear dependence of the type $y = 2.8x$ was established between the number of all marked indicator species, as well as the number of species from individual orders (x) and their numbers in points (y). The data obtained suggest that the diversity of indicator insect species may be the simple and informative regional indicator of the ecological status of individual territories.

Key words: insects; species; order; species composition; biodiversity; point; index; indicator; ecological condition; territory; South Kazakhstan

Биоразнообразие насекомых как показатель экологического состояния территорий юга Казахстана

Г.Г. Сливинский¹, В.Л. Казенас², И.И. Темрешев²

¹ ТОО «Учебный научно-производственный центр «Байсерке-Агро», Алматинская область, Панфиловский район, с. Аркабай, ул. Отеген батыра, 3, Республика Казахстан

² ТОО «Казахский Научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиёмбаева» Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 050070, г. Алматы, Наурызбайский район, мкр. Рахат, ул. Култобе, 1, Республика Казахстан
E-mail: gslivinsky@mail.ru, kazenas_vl@mail.ru, temreshev76@mail.ru

Представлены результаты визуальных полевых учетов состава индикаторных видов насекомых и их численности, выраженной в баллах, для природных и антропогенно трансформированных территорий юга Казахстана.

Выяснена информативность различных индексов видового разнообразия насекомых при пятибалльной оценке численности. Для исследованных территорий наиболее информативными показателями по диапазону изменчивости было число зарегистрированных видов, а также индекс полидоминантности и индекс Маргалефа. При использованных стандартных условиях визуальных учетов между числом всех отмеченных индикаторных видов, а также числом видов из отдельных отрядов (x) и их численностью в баллах (y) установлена линейная зависимость вида $y = 2,8x$. Полученные данные позволяют считать, что разнообразие индикаторных видов насекомых может быть наиболее простым и информативным региональным показателем экологического состояния отдельных территорий.

Ключевые слова: насекомые; вид; отряд; видовой состав; биоразнообразие; балл; индекс; индикатор; экологическое состояние; территории; Южный Казахстан

Введение

Насекомые давно и успешно используются в качестве биоиндикаторов экологического состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем ([Kozlov, 1990](#); [Folgarait, 1998](#); [Bohac, 1999](#); [Duelli & Obrist, 2003](#); [Rainio & Niemela, 2003](#); [McGeoch, 2007](#); [Mauricio da Rocha, Almeida, Lins, & Durval, 2010](#); [Jones & Leather, 2012](#)).

В частности, насекомые являются репрезентативными биоиндикаторами состояния территорий с различным почвенным покровом и флористическим разнообразием ([Eyre & Luff, 2004](#)), состояния лесных ([Wang, Wu, & Xu, 2008](#)) и степных ([Litvinova, Guseva, & Vorontsova, 1991](#); [Barsov & Karnaukhova, 1993](#)) экосистем, экологического состояния болот ([Sushko, 2015](#)) и водно-болотных угодий ([Gu, Ma, Ding, Zhang, & Han, 2011](#)). В ряде исследований насекомых использовали в качестве индикаторов состояния урбанизированных территорий ([Sobolev-Dokuchaev, 1993](#); [Gaston, Warren, Thompson, & Smith 2005](#); [Hornung, Tothmeresz, Magura, & Vilisics, 2007](#); [Christie & Hochuli, 2009](#); [Jones & Leather, 2012](#)). Количественные показатели различных таксонов являются чувствительными индикаторами состояния агроценозов и техногенно загрязненных территорий ([Folgarait, 1998](#); [Sommaggio & Burgio, 2014](#); [Santana & Isaias, 2014](#); [Jana, Misra, & Bhattacharya, 2006](#)).

Для характеристики экологического состояния территорий с помощью насекомых-индикаторов наиболее часто регистрируются показатели их видового обилия и численности. Недостатком такого подхода является то, что для анализа используются, как правило, большие выборки, представленные многими тысячами отловленных и фиксированных насекомых. Это неизбежно приводит к попутному изъятию насекомых-опылителей и энтомофагов, а также представителей редких, в том числе охраняемых, видов. Традиционные подходы, связанные с коллектированием фауны и флоры неприменимы на особо охраняемых территориях, что не позволяет использовать экономически выгодные и информативные биоиндикаторные методы для мониторинга состояния этих территорий.

Альтернативный, щадящий биоразнообразие подход, может быть основан на визуальном учете численности легко идентифицируемых широко распространенных видов ([Kascheev & Kazenas, 2011](#); [Kuznetsova et al., 2015](#)). Однако необходимость параллельной регистрации видового состава и численности всех встреченных особей достаточно сложная задача, требующая высокой квалификации операторов. Задача упрощается, если использовать балльную оценку численности индикаторных, специально подобранных видов насекомых.

Балльные системы довольно давно используются в фаунистических исследованиях ([Paly, 1965](#); [Zaitsev, 1974](#); [Pesenko, 1982](#)). В частности, в шкале, предложенной [V.F. Paly \(1965\)](#), видовое обилие энтомофауны подразделялось на очень редких насекомых, встречающихся не ежегодно (1-3 экземпляра), редких (малочисленных, встречающихся ежегодно 1-3 экземпляра), единичных, обычных (постоянно встречающихся с заметной численностью) и массовых, с численностью, не поддающейся учету. Относительное обилие и встречаемость видов предлагалось рассчитывать по ограниченным сверху 5-балльным логарифмическим шкалам ([Pesenko, 1982](#)), а также 10-балльным шкалам ([Marttila, Saarinen, & Jantunen, 1991](#)). Унифицированный вариант этих методов - 10-балльная логарифмическая шкала - была использована для оценки встречаемости и обилия бабочек Финляндии ([Gorbach & Saarinen, 2012](#)). При выращивании сельскохозяйственных культур для получения экологически чистой продукции подобные методы учета и оценки состояния экосистем являются весьма востребованными. Они не нарушают и без того хрупкое равновесие агроценоза, поскольку не требуют изъятия и элиминации насекомых-компонентов агроэкосистемы во время проведения хозяйственно-мониторинговых исследований. Такие учеты могут быть полезными и при оценке пригодности территории для ведения сельскохозяйственного производства.

Целью являлась сравнительная оценка экологически различающихся территорий на юге Казахстана на основе визуальной регистрации числа индикаторных видов насекомых и пятибалльной оценки их численности в полевых условиях и вычисленным по этим данным индексам видового разнообразия. Отдельные материалы по данному вопросу, но несколько в ином ключе – в корреляции с загрязнением поллютантами уже публиковались нами ранее ([Slivinsky, Kazenas, & Temreshev, 2017](#); [Slivinsky & Temreshev, 2018](#); [Slivinsky, Temreshev, Issenova, Kozhabaeva & Sagitov, 2018](#)). Настоящая работа является обобщением всех полученных ранее результатов.

Материалы и методы

Исследования проводили в июне 2015-2017 гг. на разнообразных по природным условиям и экологическому состоянию территориях Жамбылской, Южно-Казахстанской и Кызылординской областей Республики Казахстан. Были обследованы 65 внешне благополучных и антропогенно нарушенных территорий региона в результате бытовой, промышленной и сельскохозяйственной деятельности (таблица 1). Местоположение станций учета насекомых изображено на рисунке 1.

Таблица 1. Исследованные территории юга Казахстана

№ объекта на карте	Объекты исследования	Координаты		Антропогенные факторы
		N	E	
1	Окр. вдхр. Боген	42°44'27.7"	69°00'25.2"	Обработка земли, орошение, небольшой выпас скота
2	Берег Шардаринского вдхр. 1	41°14'48.4"	67°58'26.7"	Умеренный выпас скота, прокладка троп и дорог, рекреация
3	Берег Шардаринского вдхр. 2	41°12'47.8"	68°11'52.4"	Небольшой выпас скота, овощеводство
4	Берег Кызылкупского канала 1	41°23'26.1"	67°57'55.4"	Обработка земли, орошение, небольшой выпас скота
5	Поле кукурузы, пос. Атакент	40°52'45.4"	68°29'20.7"	Обработка земли, орошение, химическое загрязнение
6	Поле хлопка, пос. Асыката	40°54'29.9"	68°22'42.1"	Обработка земли, орошение, химическое загрязнение
7	Бахча, г. Шардара	41°14'02.3"	68°10'21.0"	Обработка почвы, орошение, овощеводство
8	Подворье г. Шардара 2	41°16'22.3"	67°57'08.8"	Обработка земли, строительство
9	Берег вдхр. Терис Ащыбулак	42°40'59.6"	70°56'58.9"	Небольшой выпас скота, рекреация
10	Берег Кызылкупского канала 3	41°28'17.7"	67°57'37.2"	Обработка земли, орошение, небольшой выпас скота
11	Окр. пос. Суткент	41°57'32.1"	68°04'44.3"	Усиленный выпас скота
12	Подворье г. Шардара 1	41°16'22.3"	67°57'08.8"	Обработка земли, строительство
13	Глинистая полупустыня	43°11'16.08"	74°22'13.30"	Бытовое и слабое химическое загрязнение
14	Окр. пос. Асыката	40°54'29.9"	68°22'42.1"	Умеренный выпас скота, химическое загрязнение
15	Окр. вдхр. Бадам	42°13'29.5"	69°46'47.9"	Умеренный выпас скота
16	Берег Кызылкупского канала 2	41°23'26.1"	67°57'55.4"	Обработка земли, орошение, умеренный выпас скота
17	Берег вдхр. Тасоткель, степь	43°22.942'	073°56.625'	Очень умеренный выпас скота, рекреация
18	Сайрам-Угамский ГНПП	42°11.465'	070°20.798'	Очень умеренный выпас скота
19	Лугостепь, вблизи п. Бельбасар	42°44.983'	071°00.681'	Небольшое загрязнение бытовым мусором
20	Перевал Куюк	43°31.800'	073°46.612'	Очень небольшое загрязнение бытовым мусором
21	Берег вдхр. Тасоткель, тугай	43°22'53.47"	073°56'33.42"	Среднее загрязнение бытовым мусором, умеренный выпас скота
22	Окр. вдхр. Жартас	43°11'54.0"	070°28'34.5"	Умеренный выпас скота, небольшое загрязнение бытовым мусором
23	Окр. вдхр. Бадам	42°12.147'	069°45.661'	Умеренный выпас скота, орошение
24	Пшеница 1	43°23.059'	073°56.29.56'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
25	Окр. оз. Биликоль	43°06'008"	070°41'328"	Выпас скота, умеренное загрязнение бытовым мусором
26	Подворье, п. Концовка	43°05.498'	070°40.525'	Хозяйственная деятельность, обработка почвы
27	Кукуруза	43°17.001'	074°12.886'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
28	Поле сафлора 1	43°25.918'	073°55.513'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
29	Берег вдхр. Жартас	43°11'54.0"	070°28'34.5"	Хозяйственная деятельность, загрязнение бытовым мусором и отходами рыболовства
30	Поле сафлора 2	42°43.929'	070°54.313'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
31	Окр. п. Концовка	43°5'30.49"	070°39'0.95"	Усиленный выпас скота
32	Берег вдхр. Бадам	42°12.766	069°46.19	Перевыпас, сильное загрязнение бытовым мусором и органическими отходами

33	Поле донника	42°14.997'	070°04.123'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
34	Поле пшеницы 2	43°26.000'	073°55.503'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
35	Поле пшеницы 3	42°43.910'	070°54.269'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
36	Окр. вдхр. Аксу	43°13.632'	074°03.800'	Орошение, хозяйственная деятельность, небольшое загрязнение бытовым мусором, умеренный выпас скота
37	Поле люцерна 2	42°15.292'	069°44.883'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
38	Бахча 1	43°26'36.98'	073°52'16.05'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
39	Окр. вдхр. Шорго	43°14.075'	074°08.063'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
40	Люцерна 1	42°15.154'	069°45.321'	Орошение, хозяйственная деятельность, небольшое загрязнение бытовым мусором, усиленный выпас скота
41	Поле лука	43°13.700'	074°03.821'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
42	Бахча 2	43°26.540'	073°52.776'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
43	Поле сахарной свеклы	43°16.246'	074°14.611'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
44	Бахча 3	43°26.312'	073°53.365'	Обработка почвы, орошение, химическое загрязнение
45	Сайрам-Угамский ГНПП, ущ. Сарыайгыр	42°10.793'	070°19.985'	Горный луг, выпас скота
46	Сайрам-Угамский ГНПП, ущ. Сайрам-Су	42°11.456'	070°20.749'	Горный луг, выпас скота
47	оз. Колдыколь 2	43°55.484'	067°12.213'	Выпас скота
48	оз. Колдыколь 3	43°55.083'	067°12.983'	Выпас скота
49	оз. Колдыколь 1	43°55.705'	067°11.513'	Выпас скота
50	Степь, пос. Сауран	43°26.192'	067°58.518'	Слабо загрязненная станция. выпас скота
51	Рудник Шалкия 2	43°59.570'	067°26.292'	Окрестности свинцово-цинкового месторождения
52	Вдхр. Кентау 2	43°27.837'	068°29.330'	Умеренный выпас скота
53	Лугостепь за г. Тараз	42°58.643'	072°22.755'	Слабо нарушенный ценоз
54	Поле люцерна-донник	43°09.219'	068°34.042'	Химическая обработка
55	Рудник Шалкия 1	43°59.471'	067°24.577'	Окрестности свинцово-цинкового месторождения
56	оз. Ынтылы, берег	43°40.408'	069°57.030'	Загрязнение бытовыми отходами и рыболовными снастями.
57	оз. Акколь, берег	43°24.282'	070°45.526'	Выпас скота, загрязнение бытовым мусором
58	Рудник Жанатас	43°32.482'	069°33.102'	Месторождение фосфоритов, окр. г. Жанатас
59	Старый сад, окраина г. Кентау	43°29.592'	068°29.526'	Старый (более 30 лет), больной сад
60	Поле тритикале	43°02.280'	071°24.625'	Незначительное загрязнение бытовыми отходами
61	Вдхр. Кентау 1	43°27.837'	068°29.330'	Сильно загрязненное побережье, выпас скота
62	Молодой сад за пос. Ынтымак	43°09.347'	068°33.592'	5-7 лет, яблони, косточковые, следы химической обработки
63	Вдхр. Кентау 4, канал	43°27.759'	068°29.387'	Загрязнение бытовым мусором
64	Вдхр. Кентау3	43°27.759'	068°29.387'	Загрязнение бытовыми отходами и рыболовными снастями
65	Комбинат Полиметалл	43°31.640'	068°29.680'	Территория вблизи свинцово-цинкового рудника, восточная окраина г. Кентау

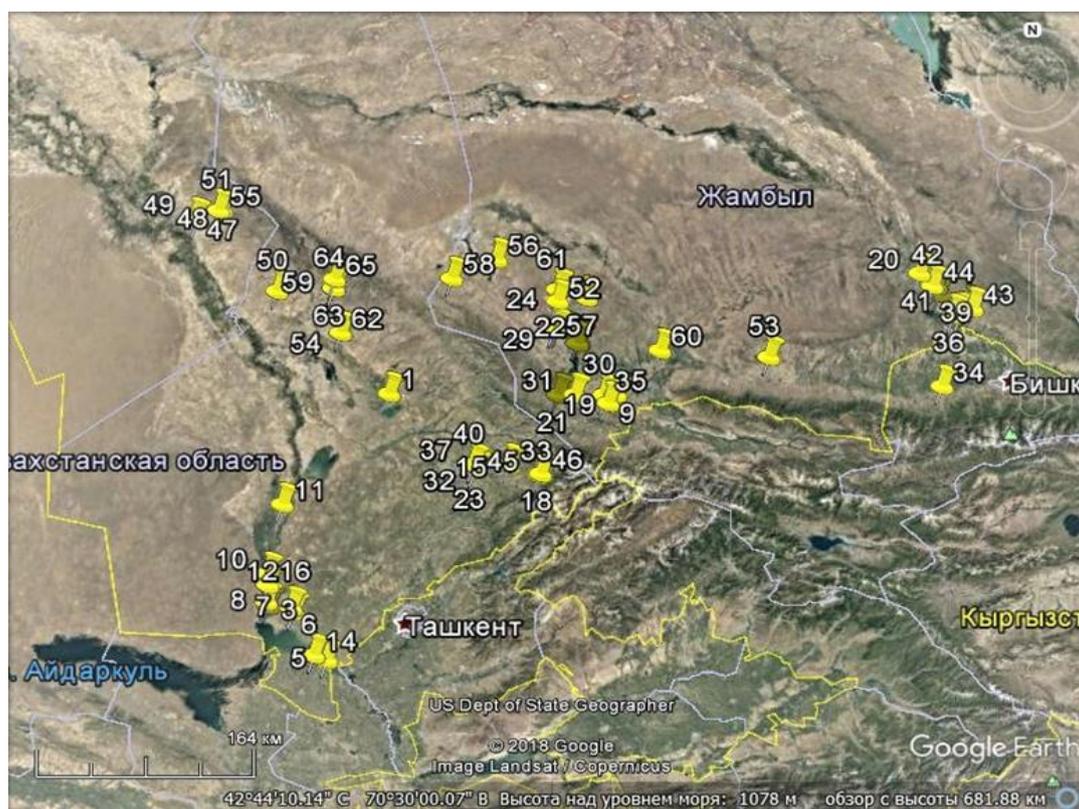


Рис. 1. Станции маршрутных учетов индикаторных видов насекомых

В качестве экологически благополучных были исследованы визуально слабо нарушенные территории, незначительно затронутые хозяйственной деятельностью (бытовое загрязнение, выпас скота, заготовка сена, близость автотрасс). Антропогенно нарушенные территории представляли собой окрестности поселков, территории вблизи промышленных объектов и побережья крупных водоемов. Третья категория – это агроценозы – окраины полей, засеянных однолетними культурами, и территории, граничащие с ними.

Для оценки состояния территорий использовалась упрощенная методика пятибалльной оценки численности индикаторных видов насекомых в полевых условиях. Основой для мониторинга служил набор специально подобранных индикаторных видов пригодных для проведения визуальных количественных учетов. Для этих целей использовали крупные и легко узнаваемые виды насекомых, из отрядов Coleoptera - Жесткокрылые, Diptera - Двукрылые, Heteroptera - Полужесткокрылые, Hymenoptera - Перепончатокрылые, Lepidoptera - Чешуекрылые, Orthoptera - Прямокрылые и Odonata - Стрекозы. Такими видами были крупные жуки и клопы, прямокрылые, живущие открыто на растениях или на почве, стрекозы и крупные бабочки с характерной внешностью и яркой окраской, крупные мухи, осы и пчелы, муравьи, богомолы, муравьиные львы и др. Эти насекомые легко заметны и обычно тесно связаны с характером почвы и растительности. Иллюстрированные списки насекомых, характерных для юга Казахстана, опубликованы ранее ([Temreshev, Kazenas, Childebaev, Isenova, & Kozhabaeva, 2015](#); [Temreshev, Kazenas, Esenbekova, Isenova, & Kozhabaeva, 2016](#)).

При проведении маршрутных учетов на мониторинговых участках при сходных погодных-климатических условиях в течение 2 часов для каждого встреченного вида была дана бальная оценка численности в соответствии с количеством отмеченных экземпляров (1 балл – 1-2 особи, 2 балла – до 5 особей, 3 балла – 5-10 особей, 4 балла – 10-20 особей, 5 баллов – более 20 особей). Визуальная оценка численности индикаторных видов в баллах позволяла избежать массового отлова полезных, редких и охраняемых видов насекомых, и исключала вероятность резких перепадов общей численности на отдельных участках из-за случайных больших колебаний численности отдельных видов. Нами она частично применялась при оценке состояния биоразнообразия полей кормовых культур и при выявлении возможных последствий влияния биопрепаратов на полезную нецелевую фауну членистоногих в Алматинской области в хозяйствах ТОО «Байсерке Агро» и ОХ «Каскеленское» ([Temreshev, Esenbekova, Kenzhegaliev, Sagitov, Muhamadiev, & Homziak, 2017](#); [Temreshev et al., 2018](#)).

О состоянии обследованных территорий судили по числу зарегистрированных видов и их численности в баллах, а также по вычисленным на их основе индексам видового разнообразия ([Pesenko, 1982](#); [Lebedeva et al., 2002](#)):

индексу видового богатства Менхиника:

$$D_{Mn} = S/\sqrt{N};$$

индексу видового богатства Маргалефа:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N};$$

двум производным (C1 и C2) от индекса видового разнообразия Симпсона (C):

$$C1 = 1 - C = 1 - \sum \left\{ \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \right\};$$

и индексу полидоминантности:

$$C2 = \frac{1}{c} = \frac{N(N-1)}{\sum ni(ni-1)};$$

индексу видового разнообразия Шеннона:

$$H = - \sum \frac{ni}{N} \log_2 \frac{ni}{N};$$

где S – число зарегистрированных видов; N – их суммарная численность в баллах; ni – численность i-го вида в баллах.

Анализ результатов проводили, используя программы «Excel-16».

Результаты исследований и их обсуждение

В зависимости от природных особенностей исследованных биотопов и степени воздействия на них природных и антропогенных факторов количество индикаторных видов и общая численность в баллах значительно варьировали (рис. 2). Ранжированные по числу видов эти два показателя достоверно аппроксимируются логарифмическими трендами.

Среди исследованных в 2015 г. биотопов, наибольшее число индикаторных видов и высокая численность, была зарегистрирована на относительно слабо нарушенных бытовой и сельскохозяйственной деятельностью участках побережий Богенского и Шардаринского водохранилищ. Максимальное число видов - 65 - и численности, соответствующей 136 баллам, было на участке в водоохранной зоне Богенского водохранилища с интразонально-пустынно-полупустынной растительностью и деревьями различных видов. Близкие значения этих показателей, (54 и 121) отмечены на малопосещаемом участке прибрежной зоны Шардаринского водохранилища. Наименьшим разнообразием насекомых и наименьшей численностью (15 и 25) характеризовался один из участков на берегу Кызылкумского канала.

В 2016 г. относительно высокое обилие отмечено на слабо затронутом выпасом участке степи в районе Тасоткельского водохранилища (137 и 409), участке низкогорного луга на территории Сайрам-Угамского Государственного национального природного парка (ГНПП) (101 и 321) и участке низкогорной степи на перевале Куюк. Минимальное разнообразие было на мониторинговых участках граничащих с посевами однолетних культур (люцерна, лук, сахарная свекла, бахчевые).

Как и в предыдущем, в 2017 г. высокое видовое разнообразие и численность насекомых были на низкогорных лугах в ущельях Сарыайгыр и Сайрам-Су Сайрам-Угамского ГНПП. Количественные оценки в последнем ущелье были близки оценкам 2016 года. Наиболее бедным разнообразием и низкой численностью характеризовались биотопы вблизи свинцово-цинкового месторождения «Комбинат Полиметалл», на окраине г. Кентау, месторождения фосфоритов (г. Жанатас), загрязненные участки побережья Кентауского водохранилища, сад плодовых культур территория которого подвергалась химической обработке. Из приведенных данных следует, что использованный нами метод визуального учета индикаторных видов насекомых, при стандартных условиях мониторинга, адекватно отражает уровень антропогенной нагрузки различных территорий.

Для оценки информативности различных индексов, применительно к результатам визуальных учетов, были вычислены часто используемые индексы: Шеннона-Уивера, Менхиника, Маргалефа и два производных от индекса Симпсона.

Результаты, отражающие особенности изменения индексов в ряду исследованных биотопов изображены на рисунке 3.

Значения индекса Симпсона (C) в виде его удобной для вычисления производной (1-C) обычно заключены в интервале (0 – 1). Считается, что он очень чувствителен к присутствию в выборке наиболее обильных видов, но слабо зависит от видового богатства ([Lebedeva et al., 2002](#)).

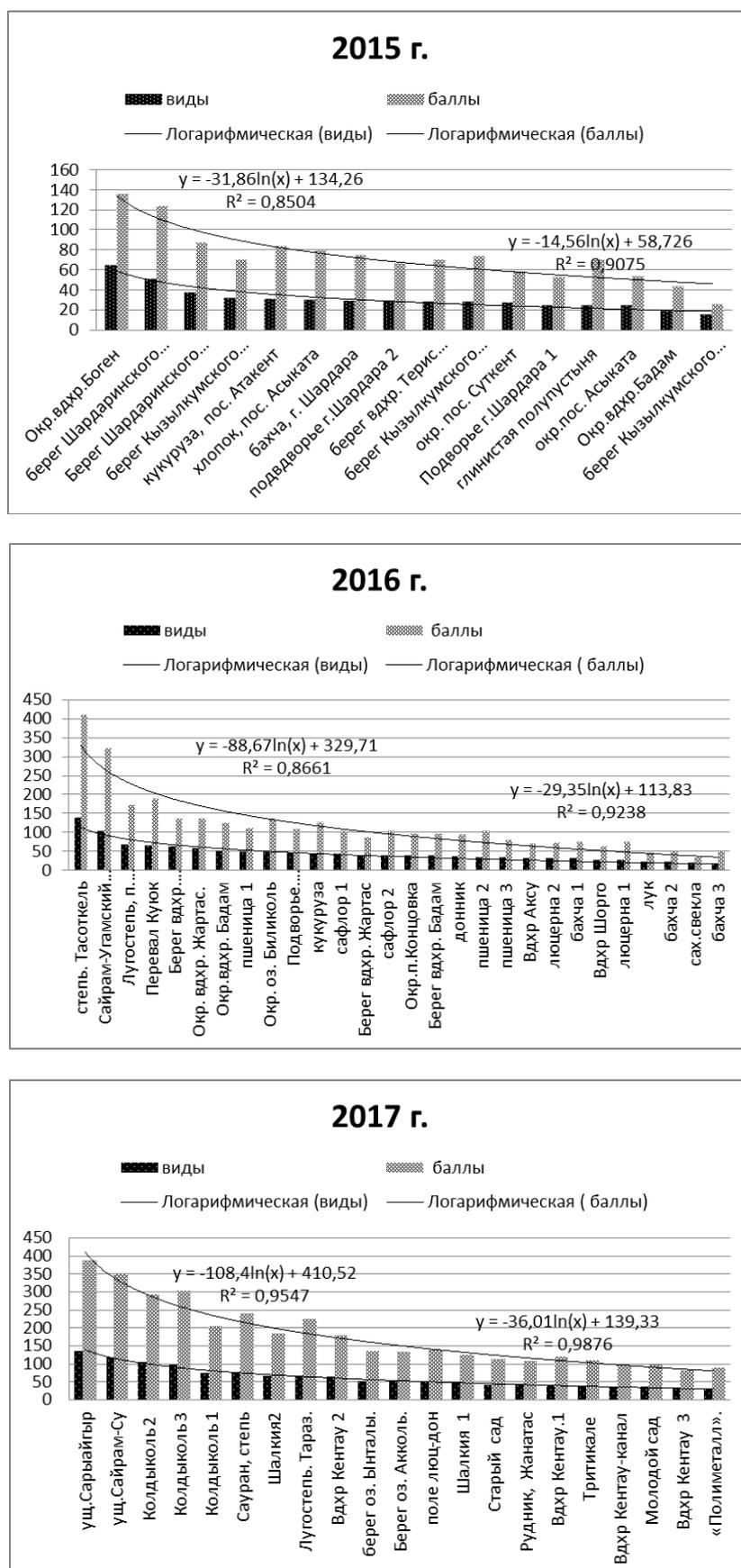


Рис. 2. Число индикаторных видов и их численность в баллах на исследованных территориях юга Казахстана с различной антропогенной нагрузкой

Для оценки информативности различных индексов, применительно к результатам визуальных учетов, были вычислены часто используемые индексы: Шеннона-Уивера, Менхиника, Маргалефа и два производных от индекса Симпсона.

Результаты, отражающие особенности изменения индексов в ряду исследованных биотопов изображены на рисунке 3.

Значения индекса Симпсона (С) в виде его удобной для вычисления производной (1-С) обычно заключены в интервале (0 – 1). Считается, что он очень чувствителен к присутствию в выборке наиболее обильных видов, но слабо зависит от видового богатства ([Lebedeva et al., 2002](#)).

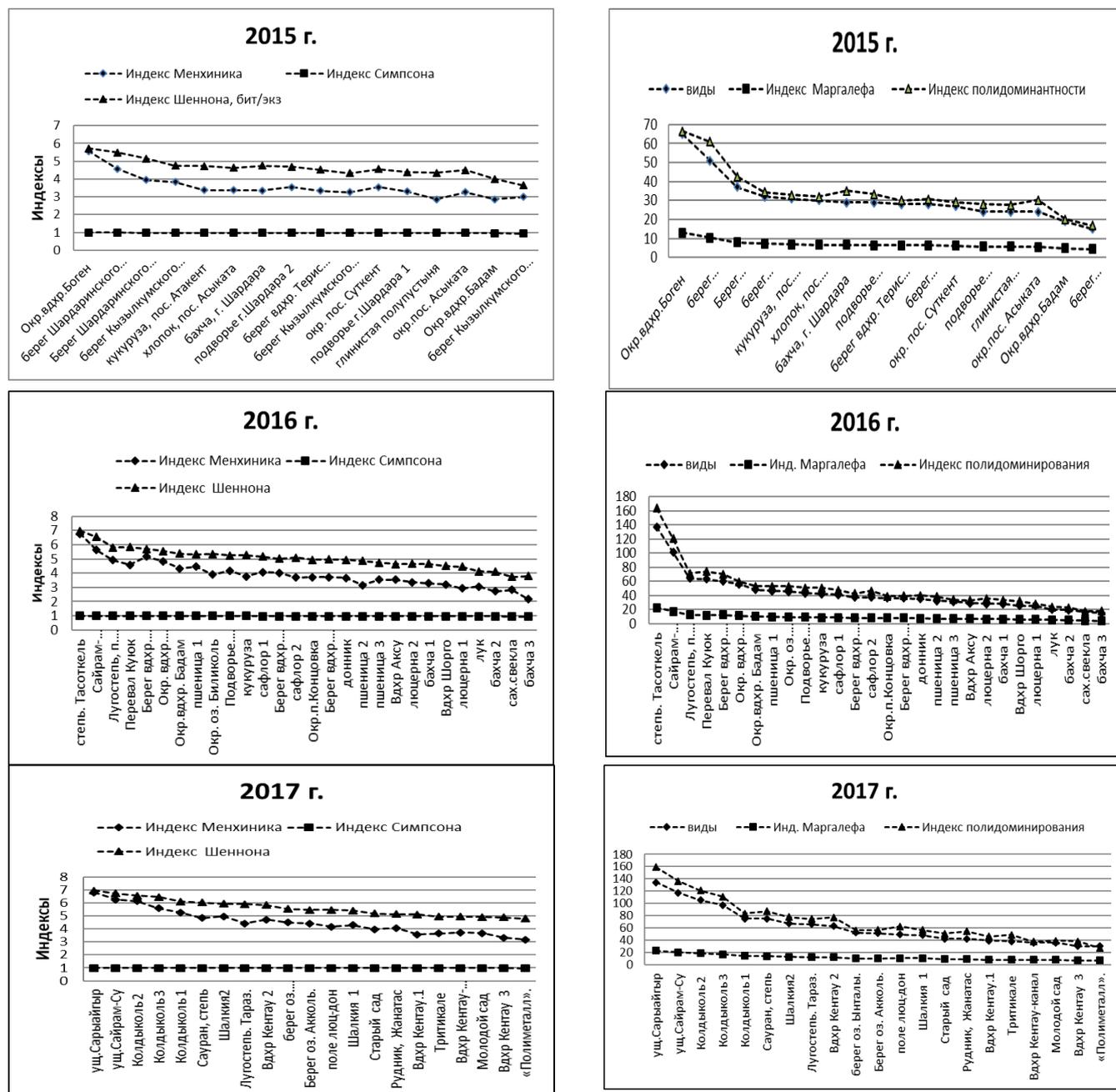


Рис. 3. Особенности изменения индексов видового разнообразия для исследованных в 2015-2017 гг. энтомоценозов, ранжированных в соответствии с числом зарегистрированных видов

Для всех исследованных нами случаев значения этого индекса были практически одинаковыми, находясь в интервале (0,94-0,99), что указывает на его невысокую информативность при пятибалльной оценке численности. Более заметными различиями в величине индексов были индексы Менхиника (1,95-3,13) и индекс Шеннона (3,64 - 6,97). Следует отметить, что необходимым условием для использования последнего индекса является редко выполняемое на практике, в том числе и в рассматриваемом нами случае, требование соответствия числа видов в

выборках их числу в генеральной совокупности. Известно также, что индекс Шеннона придает большее значение редким видам. В нашем случае численность каждого вида оценивалась от одного до пяти баллов, где пятый балл ограничивал верхний предел для всех видов с численностью выше 20 особей. Вследствие этого, для исследованных 65 биотопов максимальные значения индекса были очень высокими, от 3,64 до 6,97, хотя известно, что обычно индекс варьирует в пределах от 1,5 до 3,5, редко превышая 4,5 (Lebedeva et al., 2002). Наиболее значимыми различиями между биотопами с наиболее бедным и наиболее обильным видовым разнообразием, наряду с числом видов характеризовались индекс полидоминантности и индекс Маргалефа (рис. 4).

Из данных, изображенных на рисунке 5, следует, что при ограниченной сверху пятибалльной оценке численности, для исследованных нами 65 биотопов, между численностью в баллах и числом всех зарегистрированных индикаторных видов, а также числом представителей отдельных отрядов имелась прямая связь вида $y = ax$. Коэффициент «а» для всех исследованных случаев находился в интервале (2,69 – 3,14), со средним значением, равным $2,80 \pm 0,14$. Этот коэффициент соответствует численности, близкой трем баллам, что соответствует 5-10 особям, приходящимся на 1 зарегистрированный вид.

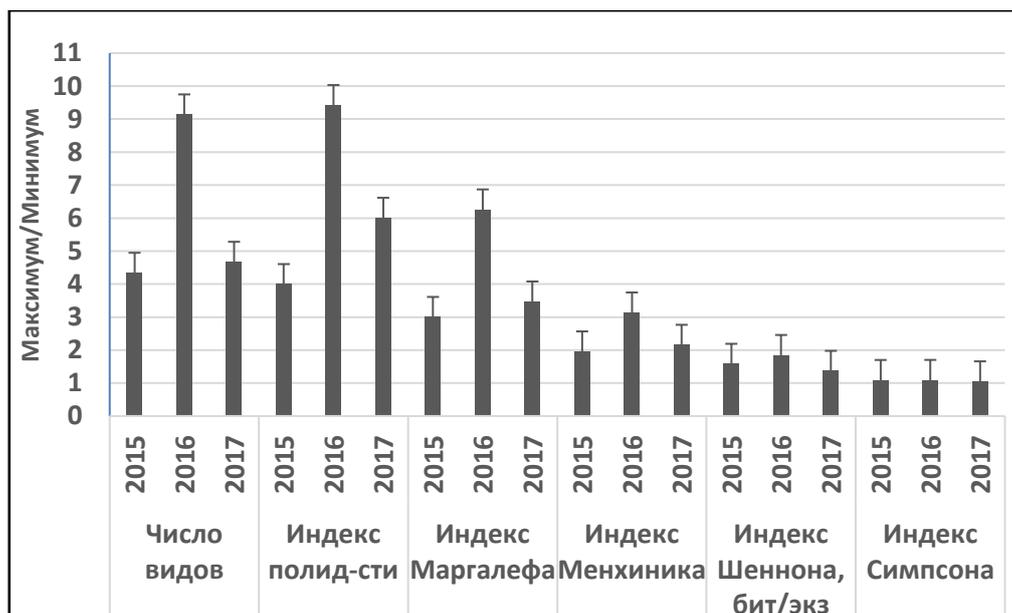


Рис. 4. Диапазоны изменчивости (Максимум/Минимум) числа видов и вычисленных индексов для исследованных в 2015-2017 гг. территорий юга Казахстана

Выводы

При использованном нами методе визуальной регистрации разнообразия индикаторных видов насекомых и пятибалльной оценке их численности, среди исследованных показателей, по диапазону изменчивости наиболее информативными были индекс полидоминантности и индекс Маргалефа. Считается, что индекс полидоминантности является одним из лучших для оценки видового разнообразия (Pesenko, 1982; Lebedeva et al., 2002). Наряду с этими индексами, не менее информативным показателем было число зарегистрированных индикаторных видов насекомых при стандартных условиях маршрутных учетов. Эти данные свидетельствуют о том, что видовое разнообразие насекомых может быть наиболее простым и информативным региональным показателем экологического состояния территорий.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов МОН РК ГФ 4163 «Мониторинг экологического состояния наземных и водных экосистем Южного Казахстана с использованием индикаторных видов беспозвоночных» и МСХ РК BR 06249249 «Разработка комплексной системы повышения продуктивности и улучшения племенных качеств сельскохозяйственных животных, на примере ТОО «Байсерке Агро» по подпроекту 2. «Совершенствование технологий возделывания и заготовки кормовых культур».

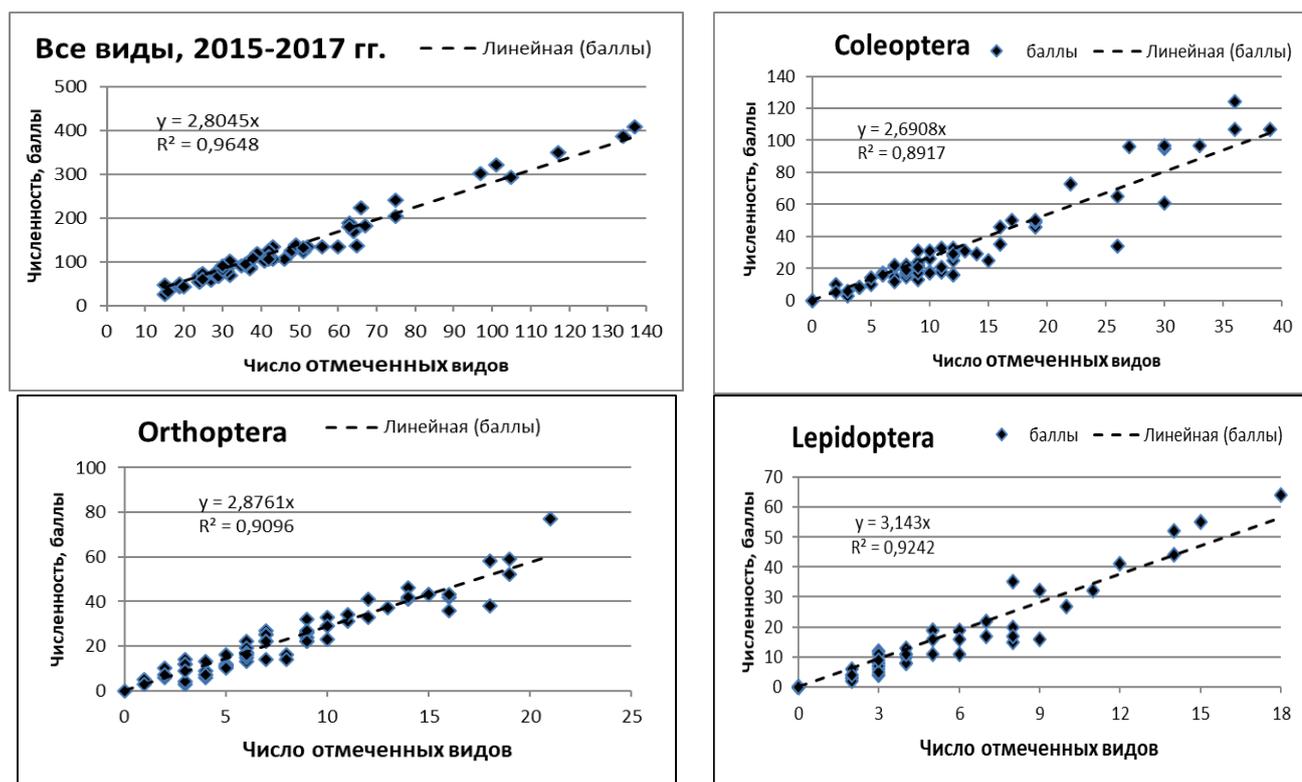


Рис. 5. Линейная аппроксимация связей между числом всех зарегистрированных видов, видов из трех отрядов насекомых и их численностью в баллах на исследованных в 2015-2017 гг. территориях юга Казахстана

References

- Barsov, V.A., & Karnaukhova, N.V. (1993). Evaluation of the characteristics of the terrestrial entomofauna to indicate pollution of steppe ecosystems. *Bulletin of the Dnipropetrovsk University: Series Biology and Ecology*. 1, 50. (In Russian).
- Bohac, J. (1999). Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74, 357-372. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00043-2)
- Christie, F.J., & Hochuli, D.F. (2009). Responses of wasp communities to urbanizations: effects on community resilience and species diversity. *Journal of Insect Conservation*. 13, 213-221. <https://doi.org/10.1007/s10841-008-9146-5>
- Folgarait, P.J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*. 7, 1221-1244. <https://doi.org/10.1023/A:1008891901953>
- Gaston, K.J., Warren, P.H., Thompson, K., & Smith, R.M. (2005). Urban domestic gardens (IV): the extent of the resources and its associated features. *Biodiversity and Conservation*. 14, 3327-3349. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-9513-9>
- Gorbach, V.V., & Saarinen, K. (2012). Estimation of occurrence and relative abundance of species in faunistic studies using the example of Finnish daytime butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea). *Principles of Ecology*. 2, 45-53. DOI: 10.15393/j1.art.2012.1087 (In Russian).
- Gu, W., Ma, L., Ding, X.H., Zhang, J., & Han, Z.W. (2011). Insect diversity of different habitat types in Zhalong Wetland, northeast China. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 22 (9), 2405-2412.
- Duelli, P., & Obrist, M.K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 98, 87-98. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00072-0)
- Eyre, M.D., & Luff, M.L. (2004). Ground beetle species (Coleoptera, Carabidae) associations with land cover variables in northern England and southern Scotland. *Ecography*. 27, 417-426. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.03757.x>
- Hornung, E., Tothmeresz, B., Magura, T., & Vilisics, F. (2007). Changes of isopod assemblages along an urban-suburbanrural gradient in Hungary. *European Journal of Soil Biology*. 43, 158-165. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.01.001>
- Jana, G., Misra, K.K., & Bhattacharya, T. (2006). Diversity of some insect fauna in industrial and non-industrial areas of West Bengal, India. *Journal of Insect Conservation*. 10, 249. <https://doi.org/10.1007/s10841-005-5094-5>
- Jones, E.L., & Leather, S.R. (2012). Invertebrates in urban areas: A review. *European Journal of Entomology*. 109 (4), 463-478. <https://doi.org/10.14411/eje.2012.060>
- Kascheev, V.A., & Kazenas, V.L. (2011). The basic principles of zoological monitoring of ecosystems of specially protected natural territories of Kazakhstan (on the example of invertebrates). *Selevinia*, 189-197. (In Russian).
- Kozlov, M.V. (1990). The influence of anthropogenic factors on the population of terrestrial insects. *Results of science and technology. Series Entomology*, 13-192. (In Russian).
- Kuznetsova, I.A., Golovatin, M.G., Gilev, A.V., Gorodilova Yu.V., Pustovalova, L.A., Erokhina, O.V., Stavishenko, I.V., Stepanov, L.N., Gileva, O.V., Zakharova, E.Yu., Oslina, T.S., Lyakhov, A.G., Vurdova, I.F., Sysoev, V.A., Sineva, N.V., Chibiryak, M.V. (2015).

Specially Protected Natural Territories of the Sverdlovsk Region: Monitoring of the State of the Natural Environment. Ed. I.A. Kuznetsova. Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 189. (In Russian).

Lebedeva, N.V., Krivolutsky, D.A., Puzachenko, Yu.G., Diyakonov, K.N., Aleshchenko, G.M., Smurov, A.V., Maksimov, V.N., Tikunov, V.S., Ogureeva, G.N., & Kotova, T.V. (2002). *Geography and monitoring of biodiversity*. M.: Izd. Scientific and educational center, 432. (In Russian).

Litvinova, N.F., Guseva, V.S., & Vorontsova, L.I. (1991). *Some regularities of anthropogenic succession of vegetation and locust population in the conditions of the dry steppes of the Lower Volga region. Animal world of the European part of Russia, its study, use and protection*. M., 33-40. (In Russian).

Marttila, O., Saarinen, K., & Jantunen, J. (1999). The national butterfly recording scheme in Finland: first seven-year period 1991-1997. *Nota lepidopterologica*. 22. 1, 17-34.

Mauricio da Rocha, J.R., Almeida, J.R., Lins, G.A., & Durval, A. (2010). Insects as indicators of environmental changing and pollution: a review of appropriate species and their monitoring. *Holos Environment*. 10, 2. 250.

McGeoch, M.A. (2007). *Insects and bioindication: theory and progress*. In book: Insect conservation biology. Editors Stewart, A.J.A., New, T.R., Lewis, O.T. Chapter 7, 144.

Paly, V.F. (1965). On the determination of the abundance of faunistic studies. *Collection of entomological works*. Frunze, 112-121 (In Russian).

Pesenko, Yu.A. (1982). *Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies*. M.: Science, 287. (In Russian).

Santana, A.P., & Isaias, R.M.S. (2014). Galling insects are bioindicators of environmental quality in a Conservation Unit. *Acta Botanica Brasilica. Belo Horizonte Oct./Dec. 28, 4*. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062014abb3510>

Slivinsky, G., Temreshev, I., Issenova, G., Kozhabaeva, G., & Sagitov, A. (2018). Insects as bioindicators of industrial pollution in Kazakhstan. *Bioscience Research*. 15 (2), 1270-1282.

Slivinsky, G.G., Kazenas, V.L., & Temreshev, I.I. (2017). Species diversity of the entomofauna in the territories of the south of Kazakhstan with different anthropogenic load. *Ecological, Industrial and Energy Security-2017: Collection of articles on the materials of the scientific and practical conference with international participation "Ecological, Industrial and Energy Security-2017" (September 11-15, 2017)*. Ed. Yu.A. Omelchuk, N.V. Lyamina, G.V. Kucherik. Sevastopol: SevSU, 1242-1245. (In Russian).

Slivinsky, G.G., & Temreshev, I.I. (2018). Species diversity and abundance of insects in the territories of the south of Kazakhstan with various levels of contamination with heavy metals. *Safety of Nature Management under Sustainable Development. Proceed. of the II International Scientific and Practical Conference, Irkutsk, November 19-21, 2018*. FSBEI HE "ISU", Faculty of Geography, 233-238. (In Russian).

Sobolev-Dokuchaev, I.I. (1993). The influence of the environmental conditions of the city of Moscow on the characteristics of ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Biological Sciences*. 2, 140-158. (In Russian).

Sommaggio, D., & Burgio, G. (2014). The use of Syrphidae as functional bioindicator to compare vineyards with different managements. *Bulletin of Insectology*. 67 (1), 147-156.

Sushko, G.G. (2015). Insects - as indicators of the ecological state of bogs of the Belarusian Polesye. *Proceedings of BSU*. 10. 1, 359-367. (In Russian).

Rainio, J., & Niemela, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*. 12, 487-506. <https://doi.org/10.1023/A:1022412617568>

Temreshev, I.I., Esenbekova, P.A., Kenzhegaliev, Y.M., Sagitov, A.O., Muhamadiev, N.S., & Homziak, J. (2017). Diurnal insect pollinators of legume forage crops in Southeastern Kazakhstan. *International Journal of Entomology Research*. 2; 2, 17-30.

Temreshev, I.I., Esenbekova, P.A., Sagitov, A.O., Mukhamadiev, N.S., Sarsenbaeva, G.B., Ageenko, A.V., & Homziak, J. (2018). Evaluation of the effect of locally produced biological pesticide (AqKøbelek™) on biodiversity and abundance of beneficial insects in four forage crops in the Almaty region of Kazakhstan. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*. 3, 1, Jan-Feb-2018, 72-91. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/3.1.10>.

Temreshev, I.I., Kazenas, V.L., Childebaev, M.K., Isenova, G.Zh., & Kozhabaeva, G.E. (2015). Preliminary list of indicator species of insects of South Kazakhstan. Almaty: Nur-Print, 165. (In Russian).

Temreshev, I.I., Kazenas, V.L., Esenbekova, P.A., Isenova, G.Zh., & Kozhabaeva, G.E. (2016). Addition to the list of indicator species of insects of South Kazakhstan. Almaty: Nur-Print, 180. (In Russian).

Wang, Y.P., Wu, H., & Xu, H.C. (2008). Biological and ecological bases of using insect as a bioindicator to assess forest health. *YingYong Sheng Tai Xue Bao*. 19 (7), 1626-1630.

Zaitsev, G.N. (1974). *Building scales for scoring. Biometric methods*. M., 30-45. (In Russian).

Citation:

Slivinsky, G.G., Kazenas, V.L., Temreshev, I.I. (2019). Insect biodiversity as indicators of environmental condition of territories of South Kazakhstan. *Acta Biologica Sibirica*, 5 (1), 122–132.

Submitted: 13.12.2018. Accepted: 05.01.2019

crossref <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5347>



© 2018 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).