

УДК 581.55:595:631(571-656)

АГРОХИМИЧЕСКАЯ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОТОНОВ В ЗАПАДНО - СИБИРСКОЙ АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ

Попова Е.И., Токарева А.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, г. Тобольск, Россия (626152, ул. Академика Ю. С. Осипова д.15), e-mail: popova-3456@mail.ru

В современной науке существует много различных определений понятия экотон. Экотонные пространства играют существенную роль в поддержании биологического разнообразия экосистем. Эти переходные пространства имеют специфическую структуру и служат местом формирования и сохранения видовой биологического разнообразия. Экотонные пространства обладают особым составом, структурой и механизмами устойчивости. Распространенность экотонных пространств в природе огромна, а роль весьма существенна. В соответствии с вышеприведенными представлениями, далее приведены агрохимические и экотоксикологические исследования экотонных пространств Субарктики и Арктики в пределах Западной Сибири, полученные в ходе экспедиции по гранту №12-4-7-009 в рамках программы "Арктика" конкурсных фундаментальных ориентированных исследований Уральского отделения РАН. Реализация будет способствовать решению задач: рационального использования, сохранения и восстановления ресурсов жизнеобеспечения в Арктике, целостности и продуктивности местных экосистем, биоразнообразия, биоресурсов, ареала и традиционного уклада жизни малочисленных народов Севера.

Ключевые слова: экотон, количественный химический анализ, степень засоления, биогенные элементы, биологическая продуктивность, плотность фитоценозов.

AGROCHEMICAL AND ECOTOXICOLOGICAL PROFILES ECOTONE IN WESTERN - SIBERIAN ARCTIC AND SUBARCTIC

Popova E.I., Tokareva A.Y.

Federal State Institution of Science Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS, Tobolsk, Russia (626152, st. Academician Osipov d.15), e-mail: popova-3456@mail.ru

In modern science, there are many different definitions of ecotone. Ecotones play an essential role in maintaining biological diversity. These transitional spaces have a specific structure and serve as a place establishment and maintenance of species biodiversity. Ecotones have special composition, structure and mechanisms of sustainability. The prevalence ecotones in nature is enormous, and the role is substantial. In accordance with the above views, following are agrochemical and ecotoxicological studies ecotones Subarctic and Arctic regions within Western Siberia, obtained during the expedition of the grant №12-4-7-009 under the "Arctic" competitive basic research oriented, Ural Branch of RAS. Implementation will contribute to solving problems: rational use, conservation, and resource recovery of livelihoods in the Arctic, integrity and productivity of local ecosystems, biodiversity, biological resources, habitat and traditional lifestyle of indigenous peoples of the North.

Keywords: ecotone, quantitative chemical analysis, salinity, nutrients, biological productivity, density phytocenoses.

Эти переходные пространства имеют специфическую структуру и служат местом, где образуются экотонные биотические сообщества и экотонные системы. Они обладают особым составом, структурой и механизмами устойчивости, отличающимися от таковых в зональных экосистемах. Повышенная флуктуационная активность факторов среды представляет одну из главных особенностей экотонных территорий, что определяет специфические экотонные структуры, режим функционирования, механизмы устойчивости и условия развития экотонных систем.

Цель исследования: изучение состояния и динамики экотональных экосистем разной иерархии.

Материал и методы исследования

Отбор проб образцов почв и пробоподготовка для количественного химического анализа проведены в соответствии с [4,5].

Объединенная проба получена путем смешения пяти точечных проб, отобранных методом конверта со слоя 0-30 см почв на одной пробной площадке. Точечные пробы отобраны лопатой. Глубина взятия образца составила 0-30 см.

Количественный химический анализ образцов проб почв проведен в лаборатории экотоксикологии ТХНС УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516420 от 04 марта 2011 г.) по общепринятым методикам измерений [1,2,3].

Результаты

Общая характеристика ключевых участков, описанных на экотонах Арктики и Субарктики, исследованных в 2014 г.:

№25 Ручей, впадающий в Обскую Губу. **25.1.** Левый берег ручья, координаты площадки N67°56'32.5", E74°49'46.7". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 50%. Осоково-сфагновая пойменная тундра. **25.2.** Склон Северной экспозиции, координаты площадки N67°56'31.0", E74°49'46.9". Мелкозлаково-плауново-кустарничковая тундра. **25.3.** Плакор, слабо выраженный уклон на северо-запад, координаты площадки N 67°56'29.8", E 74°49'47.1" ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 30%. Слабо бугристая кустарничково-лишайниковая тундра. **25.4.** Экотон между пойменной тундрой (оп. № 25.1.) и склоном (оп. № 25.2.). Кустарничковая тундра. Координаты площадки N 67°56'31.3", E 74°49'73.3". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 60%.

№26. Верховья этого же ручья. Правый берег. **26.1.** Пойма ручья. Координаты близ площадки N67°56'15.1", E74°50'29.9". ОПП 98%, в т.ч. сосудистых растений 90%. Сабельниково-осоковое низинное пойменное болото. **26.2.** Экотон между поймой и склоном (подножье склона). Ивово-разнотравно-кустарничковая тундра. **26.3.** Склон Восточной экспозиции. ОПП 100%, в т.ч. сосудистые растения 40%. Ерниково-алекториевая тундра.

№27. Южный (левый) берег р. Нюдя-Адлюдрёпоко, пойма. **27.1.** Зарастающая часть песчаного пляжа (ближайшая к реке). Часть профиля. Координаты площадки N67°58'36.3", E74°50'31.5". Песок плотный, ОПП 40%, в т.ч. трав 15%. От реки 200-250 м. Пионерное сапрофитное злаково-кустарничковое сообщество. **27.2.** Сухая низкотравная черная кустарничково-лишайниковая тундра. Координаты площадки N67°58'35.1", E 74°50'31.4". Аспект черно-зеленый пятнистый. Выступает в качестве экотона. ОПП 80%, сосудистых растений 35%. **27.3.** Ольховниково-осоковая почти плоская сырая тундра. Координаты площадки N67°58'34.5", E74°50'35.8". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 70%.

№28. Долина р. Хадуттэ, левобережье. Долинная лесотундра. Экотон лесотундра-тундра. **28.1.** Ерниково-сфагново-долгомошниковая лиственничная лесотундра. Координаты

площадки N67°25' 09.1", E74°25'26.7". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 60% . **28.2.** Экотон Кустарничковая лесотундра. Координаты N67°25'10.0", E74°25'25.0". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 80%. **28.3.** Низкокустарничковая мелкокошарная тундра. Координаты N67°25'13.1", E76°25'23.1". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 60%. Лишайников больше, чем мхов.

№29. Бугор морозного пучения в 0,5 км от автодорожного моста через р. Енаяха. **29.1.** Западный склон. Холодное песчаное хвощово–арктоусово-лиственничное редколесье. Координаты N67°16'07.4", E76°26'23.5". ОПП 90%, в т.ч. сосудистых растений 60%. Сомкнутость крон 0.1. **29.2.** Подножье склона. Экотон. Лиственничник осоково-багульниковый крупнобугристый. Координаты N67°16'08.7", E76°26'19.5". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 85%. **29.3.** Плоская осоково-кустарничковая мелкокошарная тундра. Координаты N67°16'10.3", E76°26'20.3". ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 75%.

№30. Аридизация лесотундры от песчаного карьера. **30.1.** Начальная стадия аридизации. Ерниково-кладониевая березово-лиственничная лесотундра. ОПП 100%, в т.ч. сосудистых растений 50%. **30.2.** Средняя стадия зарастания движущегося песка (экотон). площадки N 66°37'48.2", E76°40'33.3". Березово-лиственничная ерниково-шикшовая лесотундра. ОПП 85% , в т.ч. сосудистых растений 75 % . **30.3.** Крайняя стадия запесочивания. Координаты площадки N66°37'8.2", E76 °40'29.5". Лиственнично - березовая кустарничковая запесоченная лесотундра в депрессии рельефа. ОПП 15%, в т.ч. сосудистых растений 8%.

Исходя из содержания токсичных ионов, в исследуемых образцах проб почвы определяли степень и тип засоления. Метод определения степени засоления почв основан на оценке суммарного эффекта (СЭ) влияния токсичных ионов. Суммарный эффект (СЭ) токсичных ионов варьировал от 0,02 до 0,10 мг·экв. Все образцы по степени засоления относятся к незасоленным (табл. 1).

Таблица 1

Суммарный эффект (СЭ) токсичных ионов и степень засоления исследуемых образцов почвы

Номер образца пробы почвы	СЭ, мг·экв	Степень засоления почв (по Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой)	Номер образца пробы почвы	СЭ, мг·экв	Степень засоления почв (по Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой)
25.1	0.06	Незасоленные	28.1	0.06	Незасоленные
25.2	0.06	Незасоленные	28.2	0.08	Незасоленные
25.3	0.08	Незасоленные	28.3	0.02	Незасоленные
25.4	0.08	Незасоленные	29.1	0.07	Незасоленные

26.1	0.09	Незасоленные	29.2	0.08	Незасоленные
26.2	0.09	Незасоленные	29.3	0.08	Незасоленные
26.3	0.08	Незасоленные	30.1	0.06	Незасоленные
27.1	0.08	Незасоленные	30.2	0.10	Незасоленные
27.2	0.10	Незасоленные	30.3	0.12	Незасоленные
27.3	0.07	Незасоленные			

Гумус входит в состав органического вещества и представляет собой сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков и продуктов жизнедеятельности живых организмов. В среднем 1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса. На исследуемой территории наибольший процент (47%) составляют бедногумусные почвы (26.1, 27.1, 27.2, 27.3, 28.1, 29.1, 29.2, 29.3, 30.1), реже умеренногумусные (42%) (25.1-25.4, 26.3, 28.2, 28.3, 30.3), в минимальной концентрации (11%) – среднегумусные почвы (26.2, 30.2) (табл. 2).

Таблица 2

Содержание общего углерода и общего гумуса в исследуемых образцах проб почвы

Номер образца пробы почвы	Содержание, % от массы сухой почвы		Номер образца пробы почвы	Содержание, % от массы сухой почвы	
	общего углерода	общего гумуса		общего углерода	общего гумуса
25.1	0.99±0.02	1.71±0.04	28.1	0.37±0.01	0.63±0.02
25.2	0.96±0.02	1.71±0.04	28.2	0.94±0.02	1.62±0.04
25.3	0.94±0.02	1.61±0.04	28.3	0.62±0.02	1.06±0.03
25.4	0.94±0.02	1.61±0.04	29.1	0.21±0.01	0.36±0.01
26.1	0.10±0.00	0.16±0.00	29.2	0.37±0.01	0.63±0.02
26.2	2.62±0.07	2.52±0.11	29.3	0.25±0.01	0.44±0.01
26.3	0.94±0.02	1.62±0.04	30.1	2.33±0.06	0.70±0.02
27.1	0.02±0.00	0.03±0.00	30.2	0.40±0.01	2.01±0.10
27.2	0.37±0.01	0.63±0.02	30.3	1.02±0.03	1.76±0.04
27.3	0.02±0.00	0.03±0.00			

Реакцию почвы характеризуют величиной рН, представляющий собой отрицательный логарифм активности ионов водорода. В представленных образцах проб преобладают сильнокислые (64%) (25.1-25.4, 26.2, 26.3, 28.2, 28.3, 29.2-30.1, 30.3) и слабокислые (26%) (26.1, 27.2-28.1, 30.2) почвы, в равной степени (1%) встречаются среднекислые и нейтральные (27.1, 29.1). Соответственно, значения обменной кислотности исследуемых

образцов почв находятся в пределах 1,00 ...2.90, 2.35, 0.35 ... 0.45, 0,05ммоль на 100 г почвы (табл. 3).

Таблица 3

Водородный показатель (рН) и обменная кислотность исследуемых образцов проб почв

Номер образца пробы почвы	Температура водной суспензии	рН, ед. рН	Классификация в зависимости от реакции среды почвы	Обменная кислотность, ммоль на 100 г почвы
25.1	21.8	4.5±0.2	сильнокислая	1.00±0.08
25.2	20.8	4.5±0.2	сильнокислая	1.00±0.08
25.3	20.7	4.5±0.2	сильнокислая	1.00±0.08
25.4	20.7	4.5±0.2	сильнокислая	1.00±0.08
26.1	21.6	5.2±0.2	слабокислая	0.35±0.04
26.2	20.8	4.5±0.2	сильнокислая	1.45±0.11
26.3	21.4	4.2±0.2	сильнокислая	1.80±0.06
27.1	21.6	4.9±0.2	среднекислая	2.35±0.40
27.2	20.8	5.1±0.2	слабокислая	0.35±0.04
27.3	20.7	5.2±0.2	слабокислая	0.35±0.04
28.1	21.6	5.2±0.2	слабокислая	0.35±0.04
28.2	20.7	4.5±0.2	сильнокислая	1.00±0.08
28.3	20.7	4.3±0.2	сильнокислая	1.90±0.14
29.1	20.7	5.9±0.2	нейтральная	0.05±0.01
29.2	21.8	4.5±0.2	сильнокислая	1.00±0.08
29.3	20.9	4.4±0.2	сильнокислая	1.35±0.04
30.1	20.8	4.1±0.2	сильнокислая	2.90±0.37
30.2	20.9	5.2±0.2	слабокислая	0.45±0.05
30.3	20.9	4.5±0.2	сильнокислая	1.55±0.12

Обеспеченность почв соединениями фосфора исследуемых территорий относительно низкая и варьирует в диапазоне от 13 до 134 мг/кг, 95% составляет почвы с содержанием фосфора до 80 мг/кг (25.1-25.3, 26.1-30.3), 5 % – с содержанием фосфора до 150 мг/кг (25.4).

Концентрация нитритов в основном не превышает 0,5 мг/кг почвы: 89 % проб почвы содержат нитриты до 0.5 мг/кг (25.1-26.3, 27.2, 28.1-30.3), 11 % проб почвы – с 0.50 до 0.7 мг/кг (27.1, 27.3).

Содержание нитратов варьирует от 0.4 до 4.0 мг/кг, причем в 36 % пробах почвы концентрация нитратов менее 1 мг/кг (26.1, 26.2, 27.2, 27.3, 29.2-30.1) , 53% исследуемых

образцов почвы имеют содержание нитратов от 1 до 2 мг/кг (25.1-25.4, 26.3, 27.1, 28.1-29.1) и лишь 11% принадлежат к диапазону 3.6 – 4.0 мг/кг (30.2, 30.3).

Концентрация обменного аммония изменяется в среднем от 1.4 до 27.7 мг/кг почвы.

В исследуемых образцах проб почвы содержание подвижной серы в основном не превышает 10 мг/кг, причем более половины (63%) имеют концентрацию менее 5 мг/кг (26.1, 26.3, 27.1, 27.3-29.3, 30.2-30.3). Заметно повышается содержание серы на экотонах (табл. 4).

Таблица 4

Содержание биогенных элементов в исследуемых образцах проб почв

Номер образца пробы почвы	Нитриты, мг/кг	Нитраты, мг/кг	Аммоний обменный, мг/кг	Сера, мг/кг	Фосфор, мг/кг
25.1	0.33±0.03	1.1±0.2	22.1±2.3	11.0±0.8	33±2
25.2	0.34±0.03	1.2±0.2	23.1±2.3	10.0±0.8	33±2
25.3	0.23±0.02	1.0±0.2	19.7±2.0	8.5±0.6	36±3
25.4	0.32±0.03	1.2±0.2	22.1±2.3	12.0±0.8	134±12
26.1	0.26±0.03	0.5±0.1	3.3±0.5	2.6±0.3	39±3
26.2	0.36±0.04	0.7±0.1	13.7±1.4	7.0±0.5	58±4
26.3	0.00±0.00	1.1±0.2	14.7±1.5	2.0±0.5	13±1
27.1	0.66±0.07	1.1±0.2	2.8±0.4	3.0±0.3	31±2
27.2	0.20±0.02	0.7±0.1	8.0±1.2	7.6±0.6	65±5
27.3	0.54±0.05	0.4±0.1	7.2±1.1	0.7±0.2	33±2
28.1	0.47±0.05	1.4±0.3	22.1±2.3	2.0±0.5	33±2
28.2	0.29±0.03	1.2±0.2	23.1±2.3	3.0±0.3	71±5
28.3	0.46±0.05	1.1±0.2	27.7±2.8	1.8±0.5	65±5
29.1	0.27±0.03	1.1±0.2	6.2±0.9	4.0±0.4	30±2
29.2	0.29±0.03	0.4±0.1	7.2±1.1	2.2±0.6	32±2
29.3	0.36±0.04	0.4±0.1	4.3±0.6	1.7±0.4	16±2
30.1	0.47±0.05	0.7±0.1	7.6±1.1	10.6±0.8	13±1
30.2	0.29±0.03	4.0±0.3	1.4±0.2	1.7±0.4	36±3
30.3	0.52±0.05	3.6±0.7	4.9±0.7	2.2±0.6	29±3

Экотонный эффект проявляется в плотности фитоценозов (общее среднее число стеблей и талломов на трех метровых пробных площадках) рис. 1.

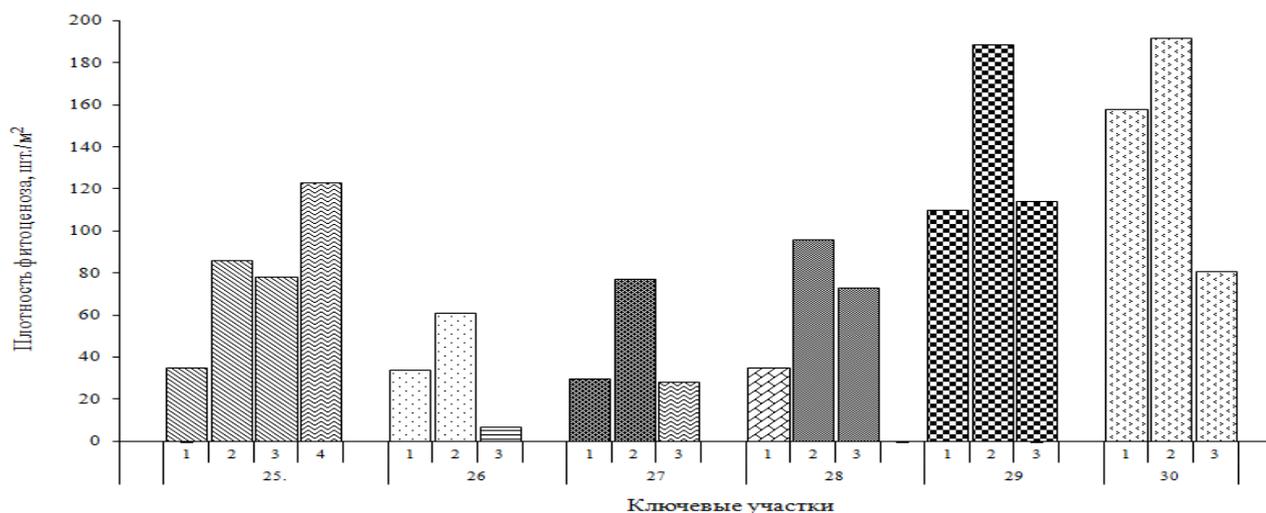


Рис. 1. Плотность фитоценоза на ключевых участках, экз. (шт.)

Выводы

Биогенные элементы (P, S) во всех случаях обнаруживают статистически достоверное повышение концентрации в почвах экотональных экосистем.

Выявлено повышение плотности фитоценозов (абсолютно во всех случаях) на экотонах. Подтвержден известный факт - повышение биоразнообразия сосудистых растений в экотональных сообществах.

Список литературы

1. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».
2. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».
3. ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО».
4. ГОСТ 26488-85 «Почвы. Определение азота нитратного методами ЦИНАО».
5. ГОСТ 26489-85 «Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО».
6. Завьялов Е. В. Экотоны в биосфере – М.: Изд-во РАСХН, 1998. – 201с.
7. Ильминских Н.Г., Попова Е.И., Козлов С.А. Некоторые биотические и абиотические параметры антропогенных экотонов в Западно-Сибирской Арктике и Субарктике // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования» №. 3 (39). 2013. - С. 257-271.

Рецензенты:

Харитонцев Б.С., д.б.н., профессор кафедры Биологии и МПБ Филиала ФГБОУ ВПО ТюмГУ в г. Тобольске, г. Тобольск;

Тестов Б.В., д.б.н., профессор, зав. лабораторией Радиэкологии ТКНС УрО РАН, г. Тобольск.