

===== ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ ЗЕМЕЛЬ =====

УДК 332.146.6 (447.9)

**К ВОПРОСУ О ПОКАЗАТЕЛЕ АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВ
КАК СОСТАВНОЙ ЧАСТИ ПАСПОРТА ПОЧВ
И АССИМИЛЯЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛАНДШАФТОВ**

© 2020 г. Н.М. Исмаилов, С.И. Наджафова, Ф. Кейсеровская, А.С. Гасымова

*Институт микробиологии Национальной академии наук Азербайджана
Азербайджан, AZ 1025, г. Баку, ул. М. Мушвига, д. 103. E-mail: ismaylovn@mail.ru*

Поступила в редакцию 06.05.2019. После доработки 12.08.2019. Принята к публикации 30.09.2019

Объектом исследования являются основные типы почв различных биоклиматических ландшафтов Азербайджана. Основными методами исследований явился сравнительно-почвенно-биологический. Впервые проведена оценка среднегодовых объемов ассимиляции углеводородных загрязнений в почвах различных биоклиматических ландшафтных зон Азербайджана. Результаты проведенных исследований показывают возможность и необходимость введения в показатели «Паспорта» почв данных об их ассимиляционном потенциале в отношении того или иного загрязняющего вещества. Предлагаемый подход, основанный на оценке ассимиляционного потенциала почвенных экосистем как составной и неотъемлемой части экокаркаса страны, и включение этих показателей в паспорта почв позволит объективно оценить уровень деградации почвенного покрова как природного капитала и интенсивность его деградации или восстановления, разработать научные основы природопользования с обеспечением минимальных экологических рисков в соответствии с парадигмой устойчивого развития.

Ключевые слова: почва, загрязнение, ассимиляционный потенциал, коэффициент минерализации, паспорт почв, научные основы природопользования.

DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10085

В период все более нарастающего антропогенного и техногенного воздействия на природную среду обитания человека ландшафтное прогнозирование становится одним из важнейших направлений в экологии. Экологическое районирование – один из путей достижения этой цели.

При разработке прогноза изменения почвенного покрова Азербайджана под воздействием антропогенных и техногенных факторов актуальное значение приобретает изучение устойчивости биогеоценозов при загрязнении их различными поллютантами. В то же время до настоящего времени не исследован глубоко и в достаточной степени ассимиляционный потенциал и устойчивость природных сред Азербайджана к загрязнению поллютантами, широко используемыми в агропроизводстве.

В этой связи наряду с изучением закономерностей строения и функционирования природных систем Азербайджана все более актуальной становится разработка принципов и подходов определения ассимиляционного потенциала различных классов почв. В теоретическом и научном плане важность этих исследований определяется необходимостью сохранения сырьевого, средообразующего и рекреационного потенциала ландшафтов страны, сохранения и восстановления почвенного плодородия, охраны и поддержания качества природных вод и воздушного бассейна. Необходимость подобных исследований связана с тем, что в разнообразных средах обитания биогеоценозы в зависимости от их конкретного структурно-динамического состояния, естественно, не будут обладать сходным ассимиляционным потенциалом и степенью устойчивости к воздействию поллютантов. В практическом плане результаты этих исследований должны выявить наиболее чувствительные к загрязнениям типы ландшафтов (выявить наиболее слабое звено в системе ландшафтов страны) и лечь в основу разработки практических мероприятий по охране различных сред обитания в случае их загрязнения, а также своевременного использования технологий по их реабилитации и восстановлению их естественного равновесия.

Очевидно, что ассимиляционный ресурс является непростым для социо-экономической оценки, что объясняется сложностью его количественного измерения. Поэтому необходимо исследование ассимиляционных способностей почвенного покрова страны для решения в дальнейшем перспективных направлений эффективного природопользования и развития органического земледелия. Рациональное использование природных ресурсов, несомненно, должно опираться на положения теории управления, учитывающей устойчивость экосистем и параметрическую чувствительность к антропогенным воздействиям (Кулик и др., 2012).

Практическое значение районирования территории Азербайджана по условиям формирования ассимиляционного потенциала почвенных экосистем состоит в том, что в условиях нарастающего техногенного давления на экосистемы страны оно необходимо для пространственного обобщения биоассимиляционной емкости почв различных биоклиматических ландшафтов в случае загрязнения их органическими поллютантами.

Ассимиляционный потенциал ландшафтов как составной части экологического каркаса страны означает их способность к буферности и нейтрализации негативных воздействий наружных возмущающих причин (естественных и антропогенных). Величина ассимиляционной емкости зависит от множества природных и антропогенных факторов, физических и химических свойств, присущих экосистеме. Но решающую роль при этом играют биологические процессы.

Научные работы по проблеме оценки ассимиляционной емкости различных территорий активно ведутся в рамках изучения воздействия загрязняющих веществ на экосистемы и их компоненты. Показано, что ассимиляционный потенциал ландшафтов на значительной территории Украины уже превышен (Ефремов, 2009). На основе сочетания физических, химических и биологических параметров разработан метод оценки ассимиляционного потенциала водных экосистем и показано, что практически во всех водоемах Украины он нарушен; также осуществлена оценка ассимиляционного потенциала почв Крыма в отношении тяжелых металлов (Ярош, 2014). Показана способность растительных ценозов аккумулировать и осуществлять разложение нефтяных углеводородов (Квеситадзе и др., 2005). Водные экосистемы также обладают определенной способностью участвовать в процессах самоочищения ландшафтов от углеводородных загрязнений (Соколова, 2012). В Азербайджане исследований в области оценки ассимиляционного потенциала почв в отношении к загрязняющим веществам не проводилось.

В этой связи мы сочли необходимым выявить закономерности ассимиляционного потенциала некоторых типов почв Азербайджана в отношении органических загрязняющих веществ. Принимая во внимание, что в настоящее время нефть и нефтепродукты являются одним из основных загрязняющих веществ, на первом этапе нами оценен ассимиляционный потенциал почв в отношении углеводородных загрязнений.

В связи с необходимостью разработки классификации земель по их ассимиляционному потенциалу в отношении органических загрязняющих веществ и районирования почв различных биоклиматических ландшафтных зон Азербайджана и с целью выделения особо чувствительных земель, подлежащих охране, и минимизации экологических рисков в процессе природопользования цель научной работы состояла в проведении исследований по ранжированию основных классов почв страны по их ассимиляционному потенциалу в отношении к загрязняющим веществам органической природы – нефтяным углеводородам.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись основные типы почв различных биоклиматических ландшафтов Азербайджана (Бабаев и др., 2006). Основным методом исследований был сравнительно-почвенно-биологический. Использовали данные, отраженные в показателях различных типов почв, отраженных в паспортах этих почв (Бабаев и др., 2006). В пробах почв определялась общая численность сапротрофных, а также углеводородокисляющих микроорганизмов, согласно общепринятым методам (Практикум по микробиологии, 2005). Коэффициент минерализации (K_M) культур определяли по отношению интенсивности продуцирования углекислого газа (А) к интенсивности поглощения кислорода (Б): $K_M=A/B$. Значение этого показателя показывает способность микроорганизма осуществлять процесс деградации углеводорода вплоть до полной минерализации субстрата и интенсивность этого процесса (Исмаилов и др., 1984). Оценку

ассимиляционного потенциала почв определяли по формуле:

$$B=N*K, \quad (1)$$

где B – величина бактериальной биодegradации нефтяных углеводов (мгУВ/г/сут), N – численность углеводородокисляющих бактерий (КОЕ/г почвы), K – количество углеводов, которые окисляются одной бактериальной клеткой, рассчитанное К. Зобеллом ($3.76/10^{-8}$ мг/кл/сут; Рубцова, 2003).

Результаты и обсуждение

Оценка ассимиляционного потенциала почв различных классов определялась по показателю бактериальной деградации углеводов, которая рассчитывалась по численности углеводородокисляющих микроорганизмов в почвах (табл.). Как следует из данных таблицы, ассимиляционный потенциал разных типов почв сильно различается: наименьший ассимиляционный потенциал по утилизации углеводородных загрязнений характерен для солончаков (1 т загрязнений в год на 1 га). Наибольшим ассимиляционным потенциалом обладают горные черноземы и каштановые почвы – 12.2-14.1 т загрязнений в год. В сравнительном плане ассимиляционный потенциал в отношении к загрязняющим веществам углеводородного характера выше для почв, характеризующихся высоким содержанием гумуса и рН среды, близкой к нейтральной (не ниже 6.4 и не выше 7.5). На основании полученных данных можно в первом приближении выявить регионы с наиболее уязвимым ассимиляционным потенциалом, где содержание органических загрязняющих веществ и показатели рН в почвенном покрове может определять ассимиляционную емкость почв. В почвах аридных зон страны наблюдается усиление антропогенной нагрузки, которое еще более усугубляет слабую способность этих природных ландшафтов противостоять процессам деградации.

Таблица. Показатели ассимиляционного потенциала и коэффициента минерализации углеводов в различных типах почв Азербайджана.

№	Почва	$\Sigma T > 10^\circ$	КУ	Гумус, %	УОМ, КОЕ, титр, тыс./г почвы	Ассимиляционный потенциал, т/год	К _м	рН
1	Горно-луговые	1000-2000	>1	15.5	244980±0.4	4.86	0.18	4.3
2	Горнолесные бурые	2500-3000	1.2-2.0	12.7	185940±0.3	6.7	0.22	5.9
3	Горно-коричневые	3600-4400	0.5-0.4	7.2	280160±0.3	10.0	0.43	7.2
4	Горные чернозёмы	3800-4500	0.6-0.7	7.3	369000±0.4	14.1	0.51	6.4
5	Желтоземно-глеевые	2000-4000	0.64-1.63	4.3	125400±0.2	4.5	0.23	5.8
6	Каштановые	3800-4500	0.3-0.5	4.5	352000±0.5	12.2	0.36	7.2
7	Сероземные	4200-4800	0.10-0.25	2.0	144520±0.3	5.1	0.15	8.0
8	Серо-бурые	4000-4500	0.10-0.15	1.3	115440±0.2	4.0	0.10	8.0
9	Солончаки и солонцы	3600-4400	0.10-0.15	–	28800±0.1	1.0	0.01	>8.6

Примечания к таблице: УОМ – численность углеводородокисляющих микроорганизмов.

Показатели ассимиляционного потенциала (степень устойчивости к загрязнению углеводородными веществами) коррелирует с показателями коэффициента минерализации углеводов К_м, который характеризует интенсивность разложения углеводов в почве в случае их загрязнения этими веществами.

Полученные данные свидетельствуют о том, что углеводородокисляющие микроорганизмы

являются составной частью микробиоценоза исследуемых почв и составляют около 5.0-9.0% от численности сапротрофов.

Более высокое соотношение УОМ в общем числе сапротрофных микроорганизмов в горнолесных бурых, горных черноземах, каштановых и горно-коричневых почвах по сравнению с почвами аридных зон – серо-бурых и сероземов может быть связано с более высоким биоразнообразием фитоценозов и их высокой продуктивностью. Так, в горно-коричневых почвах биомасса фитоценозов составляет 11.8-27.4 т/га, а в сероземах и серо-бурых почвах – 5-9.4 га (Бабаев и др., 2006). Нефтяные углеводороды структурно являются одними из природных компонентов почв, и в этой связи выработался процесс их окисления с участием почвенных микроорганизмов (Скрябин, Головлева, 1976). Наличие УОМ в комплексе микробиоценозов в этих почвах может быть связано с фоновым присутствием в этих почвах сходных по своему составу с углеводородами веществ природного происхождения, например, продуктов разложения растительного опада. Так, высокомолекулярные углеводороды обнаружены в кутикулярных клетках насекомых и высших растений, которые выполняют важную защитную функцию, а также могут играть роль феромонов (Cheedbrough, Kolattukudy, 1988). Кроме того, практически все группы микроорганизмов, грибов и водорослей способны синтезировать углеводороды (Дедюхина и др., 1980). Их содержание в микроорганизмах варьирует: для бактерий оно составляет 0.02-2.69%, для грибов – 0.06-0.70%, для водорослей – 0.03-2.88%.

Полученные данные подтверждают мнение о том, что единого ПДК для всех веществ и для всех типов почв вообще не может быть (Добровольский, Никитин, 1986). В то же время ПДК содержания нефти и нефтепродуктов в почвах до настоящего времени не установлены, хотя в законодательствах многих стран Западной Европы ПДК по нефти и отдельным видам углеводородов установлены.

Для повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения, предотвращения выбытия таких земель из сельскохозяйственного оборота и их деградационных изменений, а также определения степени пригодности почв для использования в сельском хозяйстве особую значимость приобретают работы по разработке и составлению Паспорта почвы. В связи с этим особую значимость приобретают показатели, характеризующие производительную способность почвы и ее экологическую устойчивость, которые согласно современным требованиям к оценке уровня плодородия почвы, отражаются в документе, называемом «Паспорт почвы» (ГОСТ 17.4.2.03-86 «Охрана природы. Почвы. Паспорт почвы»). Стандарт устанавливает требования к составлению паспорта почв с целью определения и контроля загрязненности и деградации для установления мероприятий по их охране, повышению плодородия и рациональному использованию.

В современной классификации почв Азербайджана (Бабаев и др., 2006) и при разработке «Паспорта» почв эко-биоморфогенетическая диагностика основных типов и подтипов таксономических единиц проведена по генетическим горизонтам (А, В, С) по широкому ряду физико-химических и биологических показателей. Из биологических показателей показана общая численность беспозвоночных животных и их биомасса, ферментативная активность почв, общая численность микроорганизмов. Общая численность микроорганизмов, отраженная в паспортах почв, свидетельствует в определенной степени об их биогенности, однако не дает достоверной информации об ассимиляционном потенциале в отношении загрязняющих веществ, таких как нефтяные углеводороды, пестициды и другие.

Результаты проведенных исследований показывают возможность и необходимость введения в показатели «Паспорта» почв наряду с показателями источников загрязнения и деградации почв данных об их ассимиляционном потенциале в отношении того или иного загрязняющего вещества. Необходимость введения в «Паспорта» почв показателя их ассимиляционного потенциала, в конечном итоге отражающего их самоочищающую способность, диктуется тем, что почвенный покров на всей территории страны подвергается интенсивному антропогенному и техногенному воздействию, в том числе нефтью и нефтепродуктами. Достаточно отметить тот факт, что общая площадь почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами составляет более 12 тыс. га. (Состояние ..., 1997). В паспортах почв показатель ассимиляционного потенциала будет одним из основополагающих показателей, отражающих актуальную буферность и самоочищающую способность почв в различных биоклиматических ландшафтных зонах в отношении тех или иных загрязняющих веществ. Кроме того, в паспортах всех типов и подтипов почв должны быть отражены

показатели ПДК по всем загрязняющим веществам, которые в принципе могут быть рассчитаны в соответствии с их ассимиляционной емкостью по этим веществам. Введение в паспорта почв данных об их ассимиляционном потенциале и интенсивности разложения органических загрязнений придаст им большую экологичность, даст возможность разрабатывать системы управления почвенными ресурсами страны, в том числе и прежде всего почвами аридных экосистем. Принято, что зоны расположения полупустынь относятся к потенциально малоустойчивым к внешним воздействиям и по 7-балльной шкале оцениваются всего в 1 балл, существенен риск деградации природных экосистем (Мартынов, Артюхов, 1994).

С другой стороны проведенные исследования являются только начальным этапом, в ближайшие годы необходимо проведение исследований для оценки ассимиляционного потенциала почв по отношению к пестицидам и другим химическим веществам, широко используемым в агропроизводстве. Достаточно отметить такой факт: Азербайджан по удельному расходу ядохимикатов на каждый гектар орошаемых земель занимал одно из ведущих мест в бывшем Союзе. Так, в целом по Азербайджану ядохимикатами обрабатывалось более 840 тыс. га, в том числе гербицидами – порядка 400 тыс. га (Состояние ..., 1997). Только в 1990 году в республике было использовано 35 тыс. тонн различных ядохимикатов и более 400 тысяч тонн минеральных удобрений. При среднесоюзном уровне 1.5 кг в Азербайджане использовалось 14 кг ядохимикатов. Грубое нарушение правил хранения, применения и транспортировки, а также отсталая технология орошения и промывки почв приводила к тому, что значительное количество их, вымываясь, попадала в реки и дренажные коллекторы, а оттуда – в море. Причина сильного загрязнения почвенного покрова пестицидами в том, что в предшествующие годы в стране не были проведены исследования в области ассимиляционного потенциала почвенного покрова различных биоклиматических и ландшафтных зон в отношении химикатов. Включение в паспорта почв данных об их ассимиляционном потенциале в отношении того или иного пестицида даст возможность научно обоснованного выбора химикатов для использования для каждого типа почв в зависимости от его ассимиляционной емкости.

Было бы стратегически правильным с точки зрения текущих и перспективных экологических рисков в Азербайджане почвы аридных зон – зоны полупустынь, площадь которых составляет более половины всей территории страны и характеризующихся слабым ассимиляционным потенциалом, использовать в рамках концепции адаптивного землепользования в основном под многолетние посадки, например, виноградники, фруктовые сады, лесные насаждения и т.д., в которых будут ослаблены процессы дефляции и эрозии, высока биогенность, соответственно и самоочищающая способность. По крайней мере в ближайшие годы желательно довести площадь зеленых насаждений в этой зоне минимум до 20-30%. И в этом случае уже в ближайшей перспективе постепенно может быть положен конец фрагментированности экологического каркаса страны, а многолетние насаждения будут выполнять роль связующего звена, так называемых коридоров (транзитных территорий), обеспечивающих необходимую ландшафтную взаимосвязь между ключевыми территориями – ландшафтами Большого и Малого Кавказа и Талышских гор. Таким образом, на территории страны сформируется единая, не фрагментированная система экокаркаса (экологическая сеть) с высоким ассимиляционным потенциалом. В этом же ключе необходимо создание вокруг грязевых вулканов, которые занимают большие площади в аридной зоне страны (16 тыс. км²) сплошных многоярусных зеленых насаждений – кустарников и деревьев, которые будут обладать высокой ассимиляционной емкостью поглощения загрязняющих веществ и выполнять роль буферных зон в районах расположения грязевых вулканов. Этот стратегически важный подход позволит повысить мощь, продуктивность и объем природно-ресурсного потенциала с высоким ассимиляционным потенциалом, а также экосистемные услуги ландшафтов аридных зон, ограничит расширение площади аридной территории в условиях современного климатического потепления. Достаточно отметить, что за последние 30 лет среднегодовая температура в Азербайджане повысилась в среднем на 0.5°C. Представляется, что, как и в Израиле (Спринцын и др., 2018), это окажет положительное воздействие на ландшафты аридных зон Азербайджана, в перспективе смягчит влияние климатических факторов на аридизацию этой зоны (Залибеков, 2011).

Предложенный подход соответствует разработанным в науке о природе социально-экономическим принципам поддержания экологического равновесия, в основе которого лежит принцип самодостаточности: развитие природопользования в соответствии с ресурсными

возможностями. Согласно этому принципу, целесообразное экологическое равновесие (100% полезности) имеет место при соотношении площади преобразованных и естественных экосистем 2/3 (Реймерс, 1990). На территории Азербайджана это соотношение полностью обратное (Исмаилов, 2006). Данная стратегическая задача в полной мере соответствует руководящим принципам формирования Общеευропейской экологической сети (Географические основы ..., 2012; Руководящие принципы ..., 2000).

Противодействие техногенным воздействиям со стороны природных ландшафтов обеспечивается природными комплексами, ассимиляционный потенциал которых к внешнему воздействию определяется массой, эффективностью и гармоничностью структуры биоразнообразия. Почвенный покров является составной частью единого ассимиляционного поля ландшафтов, при этом значимость компонентов ассимиляционного потенциала – воздуха, воды и почвы должна быть разной, что обусловлено различием в скоростях ассимиляции загрязнений в разных экосистемах. В этой связи для того, чтобы оценить емкость ассимиляционного потенциала ландшафтов как единого целого, необходимо наряду с почвой оценить также ассимиляционный потенциал всех его составляющих – фитоценозов данной ландшафтной зоны, водных экосистем (водоемов, поверхностных и грунтовых вод, воздушной среды как активных участников процессов самоочищения данной ландшафтной зоны, представляющей собой единую биосистему – биом. Во всяком случае, ассимиляционный потенциал ландшафтов будет определяться структурой и весом составляющих его природных комплексов. Эти данные, которые дадут оценку ассимиляционного потенциала всех ландшафтов страны создадут научную основу системы эко-биомониторинга и управления природными средами и выбора уровня экологического риска в пределах от минимального до максимально допустимого.

Выводы

С использованием первичных данных из исследования М. Бабаева с соавторами (2006) и на основе собственных исследований получены данные о скоростях разложения и ассимиляции углеводородных веществ в различных типах почв Азербайджана, что позволяет выявить из них наиболее чувствительные к загрязнению веществами углеводородного характера и обосновать необходимость включения таких показателей в паспорт почв.

Результаты оценки ассимиляционного потенциала природных ландшафтов страны в отношении к загрязняющим веществам позволит в перспективе оценить экологическую ёмкость как отдельных регионов, так и территории всей страны.

Практическую важность имеют предложения долгосрочного прогнозирования ассимиляционного потенциала в почвах различных биоклиматических зон Азербайджана, а также предлагаемая система показателей для количественной оценки ассимиляционной емкости экосистем страны и регионов.

Почвенные ресурсы страны, как и другие компоненты природных ландшафтов лишь частично можно считать возобновимыми: если нагрузка на природные ландшафты будет превышать их буферность и ассимиляционную емкость, способность к самовосстановлению, то в результате необратимых последствий это может завершиться потерей их устойчивости, приведет к их полной деградации в результате загрязнения, эрозии, засоления и т.д., и к полному исчезновению. Поэтому одним из ключевых вопросов экономики природопользования является исследование способности или возможности ассимиляционного потенциала природных ландшафтов к самовосстановлению. Предлагаемый подход, основанный на оценке ассимиляционного потенциала почвенных экосистем как составной и неотъемлемой части экокаркаса страны, и включение таких показателей в паспорта почв позволит объективно оценить уровень деградации почвенного покрова как природного капитала и интенсивность его деградации или восстановления, а также разработать научные основы природопользования с обеспечением минимальных экологических рисков в соответствии с парадигмой устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаев М.П., Джафарова Ч.М., Гасанов В.Г. 2006. Современная классификация почв Азербайджана. Баку: Элм. 359 с.
- Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европы. 2012 // Известия РАН. Серия географическая. № 1. С. 128-130.

- ГОСТ 17.4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв. 1987 [Электронный ресурс <http://docs.cntd.ru/document/1200012799> (дата обращения 06.04.2019)].
- Дедюхина Э.Г., Желифонова В.П., Ерошин В.К. 1980. Углеводороды микроорганизмов // Успехи микробиологии. № 15. С. 84-98.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. 1986. Экологические функции почвы. М: Издательство МГУ. 135 с.
- Залибеков З.Г. 2011. Аридные земли мира и их динамика в условиях современного климатического потепления // Аридные экосистемы. Т. 17. № 1 (46). С. 5-13. [Zalibekov Z.G. 2011. The Arid Regions of the World and their Dynamics in Conditions of Modern Climatic Warming // Arid Ecosystems. Vol. 1. No. 1. P. 1-7.]
- Ефремов А.В. 2009. Природные ресурсы прибрежной зоны Крыма и их оценка // Симферополь: ЧП «Носков А.В.», 508 с.
- Исмаилов Н.М., Гаджиева В.И., Гасанова М.Г. 1984. Коэффициент минерализации углеводов как показатель самоочищающей способности нефтезагрязнённых почв // Известия АН АзССР, серия биологическая. № 6. С. 76-85.
- Исмаилов Н.М. 2006. Глобалистика и экология Азербайджана. Баку: Элм. 192 с.
- Квеситадзе Г.И., Хатисаивили Г.А., Садунишвили Т.А., Евстигнеева З.Г. 2005. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. М.: Наука. 198 с.
- Кулик К.Н., Салугин А.Н., Сидорова Е.А. 2012. Динамическая устойчивость аридных экосистем // Аридные экосистемы. Т. 18. № 2 (51). С. 28-34. [Kulik K.N., Salugin A.N., Sidorova E.A. 2012. Dynamic Stability of Arid Ecosystems // Arid Ecosystems. Vol. 2. No. 1. P. 86-90.]
- Мартынов А.С., Артюхов В.В. 1994. Интегральная оценка устойчивости (уязвимости) экосистем // Состояние биологических ресурсов и биоразнообразия России и ближнего зарубежья (1988-1993 гг.). М.: ВНИИприрода. С. 17-18.
- Практикум по микробиологии. 2005 / Ред. А.И. Нетрусов. М.: Академия. 608 с.
- Реймерс Н.Ф. 1990. Природопользование. М.: Мысль. 638 с.
- Рубцова С.И. 2003. Оценка бактериального самоочищения вод от нефтяных углеводородов в прибойной зоне акватории Севастополя (Черное море) // Экология моря. Вып. 64. С. 95-98.
- Руководящие принципы формирования Общеввропейской экологической сети. 2000 // Рабочая группа по Экологической сети Северной Евразии. Информационные материалы по экологическим сетям / Сост. Г. Бенетт. Вып. 4. М.: ЦОДП. 31 с.
- Скрябин Г.К., Головлева Л.Е. 1976. Использование микроорганизмов в органическом синтезе. М.: Наука. 236 с.
- Соколова В.В. 2012. Углеводородокисляющие бактерии и ассимиляционный потенциал морской воды Северного Каспия. Автореф. ... дисс. канд. биол. наук. Астрахань. 18 с.
- Состояние окружающей среды Азербайджанской Республики. 1997. Баку. 95 с.
- Спринцын С.М., Шапиро М., Спринцын М., Зайденберг Р., Денисюк Е. 2018. Трансформация полупустынных ландшафтов юго-востока Израиля под влиянием лесонасаждений сосны алеппской (*Pinus Halepensis*) // Аридные экосистемы. Т. 24. № 1 (74). С. 34-41. [Sprintsin S.M., Shapiro M., Sprintsin M., Zaidenberg R., Denisyuk E. 2018. Effect of Aleppo Pine Plantations (*Pinus Halepensis*) on the Transformation of the Semi-Desert Landscapes of Southeast Israel // Arid Ecosystems. Vol. 8. No. 1. P. 22-27.]
- Ярош О.Б. 2014. Оценка ассимиляционного потенциала почв Украины // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: XIII Международная научно-практическая конференция. Гурзуф. С. 111-113.
- Cheedbrough T.M., Kolattukudy P.E. 1988. Microsomal preparation from animal tissue catalyzes release of carbon monoxide from a fatty aldehyde to generate an alkane // Journal of Biology. Vol. 263. P. 2738-2743.