

УДК: 581.5 (574.5)

*А.К. САДАНОВ, В.К. БИШИМБАЕВ, А.У. ИСАЕВА,
А.А. ЕШИБАЕВ, Л.А. АКЫНОВА, Л.К. АСАМБАЕВА*

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ – ДОМИНАНТОВ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗОН ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

*(РГКП Центр биологических исследований КН МОН РК, г. Алматы,
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, г. Шымкент)*

Приведены результаты исследований по изучению трансформации сообщества высших растений техногенных зон юга Казахстана. Установлено, что трансформации фитоценоза нефтезагрязненных территорий зависит от количественных показателей загрязнений и фракционного состава нефтепродуктов. 1-3% содержание легких фракций нефти является летальным для определенных видов и снижает видовой состав фитоценоза на 44,5%. Темные фракции нефти и нефтепродуктов характеризуются хроническим эффектом действия и при концентрации 5-15% вызывают снижение видового состава фитоценоза до 90-95%. Фитоценоз почв, загрязненных легкими фракциями нефтепродуктов представлен 50 видами. Из которых 25 составляют доминирующую группу видов растений. Видами-доминантами почв, загрязненных темными фракциями нефти, являются свинорой пальчаторый (*Cynodon dactylon*), мятылик однолетний (*Poa annua*), тростник южный (*Phragmites australis*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*), рогоголовник серповидный (*Ceratocerphala testiculata*).

На изменение видового состава сообщества высших водных растений оказывают влияние природа и количественные показатели загрязненности вод. При этом определяющую роль играет интенсивность биологических и биохимических процессов водной среды.

Одной из актуальных задач экологических проблем окружающей среды является поиск эффективных методов их решения. В этой связи, наиболее перспективны исследования по разработке принципов биоиндикации нарушенных экосистем. Методы биоиндикации основаны на изучении ответных реакций живых организмов на природу и количественных показателей вредных воздействий.

Одним из наиболее чувствительных и физиономичных компонентов экосистем являются высшие сосудистые растения, изменения которых под воздействием антропогенного фактора – интегральный показатель трансформации природных комплексов. При этом в качестве индикаторных признаков служит комплекс морфометрических и надорганизменных изменений фитоценоза. Наличие хорошо выраженных градиентов техногенного загрязнения позволяет наблюдать весь спектр реакций растительности от необратимых повреждений до различных адаптационных модификаций. Изучение изменений призна-

ков растительности на организменном, популяционном и экосистемном уровнях позволяет установить степень техногенного воздействия и судить о пространственных размерах и временных стадиях развития экологической ситуации [1,2].

Если установление морфометрических и генетических отклонений от нормы в организмах растений позволяет судить о степени токсичности поллютантов, то изменение видового разнообразия растительного сообщества свидетельствует о трансформации ценотического образования. [3,4]. Такой показатель, как уменьшение проективного покрытия и продуктивности ландшафтов нужно рассматривать как индикатор повышенной антропогенной нагрузки на данную территорию. При отсутствии механических факторов воздействия на природный фитоценоз, снижение проективного покрытия является следствием химического воздействия, приведшего к изменению жизненного состояния видовых популяций через процессы метаболизма и водно-воздушного баланса [5,6].

Анализ научной литературы показывает наличие определенных результатов в названных уровнях исследований. Установлены причинно-следственные связи между степенью загрязненности поллютантами и изменениями основных параметров сред обитания биоты. Чрезмерное загрязнение вредными веществами приводит к снижению таких основных свойств почв как буферная емкость, ферментативная активность и гидробиологические характеристики водной среды. Снижение буферной емкости сопряжено с понижением поглотительной и удерживающей способностей почв, от которых зависит водно-воздушный режим и процесс миграции элементов питания и поллютантов. Понижение ферментативной активности почв имеет негативное последствие для биогеохимического кругооборота веществ в природе [7].

Исследованиями механизмов воздействия токсикантов на растительный организм установлено, что многие поллютанты вызывают морфо-физиологические и генетические отклонения от нормы. В частности, под воздействием токсического соединения ацетохлора установлено нарушение работы протонной помпы клетки, которая играет важную роль в адаптационных реакциях растений на стрессовые воздействия [8,9]. В исследованиях Н. М. Байсентовой установлена зависимость частоты встречаемости хромосомных отклонений в клетках растений от концентрации ионов тяжелых металлов [10].

Оценка состояния нарушенных экосистем традиционно опирается на методы, позволяющие установить изменения видового состава, структуры и продукционных процессов сообщества растений, которые являются внешним проявлением изменений, происходящих на молекулярном и клеточном уровнях. В этой связи, решение проблем биондикации в масштабах целых техногенно загрязненных зон и геосистем требует цено-тического и экосистемного подхода к исследованиям.

Из результатов исследований известно, что отдельные группы видов растений индицируют определенные виды вредных факторов и их степень воздействия. В частности, А.У.Исаевой, С.С. Джубатыровой, С.С.Айдосовой определены специфические группы видов растений, являющиеся видами - доминантами загрязненных нефтью и другими ядовитыми органическими ве-

ществами почв прикаспийского и южного регионов страны [11,12,13].

Ботанические показатели специфичны, так как разные виды растений и различные растительные сообщества в разнообразных географических условиях имеют неодинаковую чувствительность и устойчивость к нарушающим воздействиям и, следовательно, одни и те же показатели для квалификации зон экологического состояния экосистемы могут варьироваться для разных ландшафтов. В этой связи, исследование и установление региональных списков видов растений - доминантов техногенно загрязненных зон является реальной основой разработки основных принципов биондикации нарушенных экосистем.

Целью наших исследований являлась изучение влияния техногенных факторов на изменение видового состава растительного сообщества нарушенных экосистем южного Казахстана. В связи с этим, были поставлены следующие задачи:

1. Изучить характер влияния нефтезагрязнений на изменение видового состава фитоценоза загрязненных территорий;
2. Изучить характер влияния степени загрязненности водной среды на изменение видового состава гидроценоза;
3. Выявить группу видов растений-доминантов для нефтезагрязненных почв и различной степени сапробности вод юга Казахстана.

Объектом исследования служили фитоценоз территории ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс» (ПКОП), автозаправочные станции (АЗС) и станции технического обслуживания (СТО), загрязненных различными фракциями нефти и нефтепродуктов и гидроценоз рек Бадам и Кошкар-Ата, имеющие различную природу загрязнения. В качестве контрольного варианта исследовался видовой состав фитоценоза территорий, неподверженных нефтяным загрязнениям. При флористических анализах были использованы «Иллюстрированный определитель растений Казахстана», 1969; «Флора Казахстана», в 9 томах и «Определитель высших водных растений Казахстана», 1968. Оценку частоты встречаемости видов проводили по шкале обилия Друде. Исследования проводились в период с 2003-2007 годы.

Естественный фитоценоз южного региона Казахстана представлен флорой низкотравной эфемероидной полусаванны. Доминирующими

семействами являются мятликовые, бобовые, гречишные, астровые, сложноцветные, губоцветные и лилейные. Сообщество растительности насчитывает более 110 видов растений однолетних и многолетних форм жизни, вегетационный период большинства из которых заканчивается к середине лета. В оставшуюся часть года вегетируют полукустарниковые виды и растений с глубокой корневой системой. Проективное покрытие почвы растительностью составляет 92-95%.

Как показали результаты исследований, на территориях с длительным сроком нефтезагрязнений происходит существенная трансформация состава фитоценоза. При этом динамика изменения его видового состава, проективного покрытия почвы и процесса самовосстановления нарушенного сообщества зависят от степени токсичности различных фракций нефтепродуктов и количественных показателей загрязнений.

Легкие фракции нефтепродуктов быстро удаляются, но оказывают остротоксическое действие для многих видов растений, что доказано результатами лабораторных экспериментов. Установлено, что 3% загрязнение почвы оказывает летальное воздействие для многих видов растений, что является причиной резкого снижения видового состава травостоя. Такие виды растений как горец птичий (*Polygonum aviculare*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), верблюжья колючка (*Alhagi pseudoalhagi*), костер кровельный (*Bromus tectorum*), *Phleum paniculatum*, тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), щавель конский (*Rumex confertus*), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*), коровяк (*Verbascum thapsus*) являются высокочувствительными биоиндикаторами к залповому воздействию светлых фракций нефтепродуктов. Однако на таких территориях наблюдается быстрое восстановление растительного сообщества и проективного покрытия растительностью, в котором определяющую роль играет рудеральная флора и почвенный запас семян. При этом, высокая степень проективного покрытия обеспечивается за счет представителей рудеральной флоры, которые отличаются более высокой устойчивостью к нефтезагрязнениям.

Флористическое обследование нефтезагрязненных территорий показало, что 1% содержание легких фракций нефтепродуктов в почве значи-

тельно снижает видовой состав фитоценоза. Установленное сообщество из 50 видов, против 110 в контрольном варианте, характеризуется как степное злаковое разнотравье. Наиболее устойчивыми к загрязнению почвы легкими и средними фракциями нефтепродуктов оказались представители семейства злаковые *Poaceae*, и сложноцветные *Asteraceae*, далее следуют бобовые *Fabaceae*. Семейства: *Brassicaceae* представлено 4 видами, *Boraginaceae* – 3, в семействах *Polygonaceae* и *Ranunculaceae* оказалось по два вида. Остальные семейства представлены единичными видами.

Оценка частоты встречаемости видов по шкале обилия Друде показала, что среди всего разнообразия растительности доминируют представители двух видов - *Xanthium strumarium* и *Centaurea squarrosa*, которые характеризуются как часто встречающиеся (Cop2), 23 вида относятся к довольно часто встречаемой группе (Cop1), которые представлены как многолетними (*Sinapis arvensis*, *Achillea millefolium*, *Malva neglecta*, *Convolvulus arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Fumaria officinalis*, *Taraxacum officinale*, *Thlaspi arvense*, *Cynodon dactylon* и др.), так и однолетними (*Solanum nigrum*, *Bromus sterilis*, *Phleum paniculatum*, *Poa bulbosa*, *Chenopodium album*, и др.) формами. Представители семи видов встречаются в единичном (Sol) экземплярах (*Potentilla anserina*, *Echium vulgare*, *Bunias orientalis*, *Medicago falcata*, *Rumex crispus* и др.), а 18 видов можно отнести к группе редко встречающихся (Sp).

Вредное действие сырой нефти, темных фракций нефтепродуктов и нефтеламов характеризуется хроническим эффектом. Медленный темп деструкции углеводородных соединений способствует накоплению токсических веществ и ухудшению водно-воздушных параметров почвы, которые отрицательно влияют как на жизнедеятельность вегетирующих растений, так и на процесс прорастания почвенных запасов семян, что в значительной степени замедляет процесс сукцессии. Результатами исследования территории шламанакопителей и аварийных разливов некоторых предприятий установлено, что при концентрации нефтепродуктов 5-15% снижение видового состава фитоценоза доходит до 90-95%. Проективное покрытие не превышает 3-8%.

Доминирующую группу видов для этих территорий составляют свинорой пальчатый (*Cynodon dactylon*), мятлик однолетний (*Poa annua*), тростник южный (*Phragmites australis*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*), рогоголовник серповидный (*Ceratocerphala testiculata*).

Данная закономерность сохраняется и для гидромакрофитов. Так, исследование водных источников южного Казахстана, представленного 85 малыми реками и 45 водоемами различных объемов водоизмещения, показало, что, степень загрязненности вод в реках и водоемах области возрастает. Результатами физико-химических исследований установлено, что основными загрязняющими веществами являются различного рода органические соединения, минеральные примеси и соли тяжелых металлов, которые попадают вместе со сточными водами промышленных и коммунальных предприятий. Концентрации названных веществ колеблются от 0,4 до 15,6 ПДК и имеют сезонную динамику. Все водные источники по природе загрязняющих веществ можно разделить на две условные группы: загрязненные преимущественно органическими примесями и сильноминерализованные. Эти два фактора воздействия определяют природу и интенсивность биологических и биохимических процессов водной среды, от которых зависят основные параметры среды обитания макрофитных растений.

Для изучения реакции высших водных растений на природу и количественные показатели загрязняющих веществ и для определения видов-доминантов различной сапробности вод нами исследовались гидроценозы рек Кошкар-Ата и Бадам. Физико-химический состав и интенсивность биологических и биохимических процессов вод этих рек можно рассматривать в качестве модельных условий для дифференцированного изучения влияния основных видов загрязнителей на степень трансформации сообщества водных растений.

Воды реки Бадам питают ледниковые и сменяющиеся ледниковые источники. Уровень реки и среднегодовая температура воды в реке сильно варьируют по месяцам года. Русло и берега реки каменистые, глубина не превышает 30-50 см, вода в реке часто замерзает в зимние месяцы, что крайне не благоприятно для жизнедеятель-

ности водных растений. По этой причине, развитие сообщества водных растений наблюдается только в отдельных участках реки, где глубина воды достигает до 80-120 см и стабильна в течение всего года.

Высокая степень загрязненности вод реки Бадам минеральными примесями и ионами тяжелых металлов связана с устойчивой гидравлической связью реки с подземными водами территории промышленных объектов, расположенных в непосредственной близости от реки, содержание которых превышает допустимые нормы в 3,5 раза. Значение БПК₅ на всем протяжении реки не превышает 1,4-2,2 мг/л О₂, что является показателем низкой интенсивности процессов сульфатредукции.

Река Кошкар-Ата берет начало из множества родников в центре города Шымкент и большую часть своего пути протекает через территорию города, где загрязняется поверхностными сточными водами. Глубина реки местами превышает 150 см, температура воды в реке держится стабильной в течение года. Водная растительность встречается повсеместно и в обильном количестве.

Основными загрязняющими веществами вод реки являются различные углеводородные соединения, органические и минеральные примеси и соли различных металлов, содержание которых в среднем по реке превышает ПДК в 2,1 – 4,0 раза. Повышенное содержание органических примесей является причиной высокого уровня биохимических процессов, которые связаны с поглощением растворенного кислорода. Так, на различных участках реки, имеющие различную степень загрязненности, значение БПК₅ колеблется от 2,35 до 43,5 мг/л О₂. По этим показателям, реку можно разделить на три условные зоны, которые отличаются как по степени загрязненности и интенсивности биохимических процессов. Первая зона – район истока реки, где загрязненность вод минеральными примесями не превышает допустимые нормы и содержание органических примесей незначительно. Вторая зона – последующие шесть километров пути по территории города, где загрязненность превышает норму в 4-5 раз и содержание органических примесей резко возрастает. Третья зона – последние два километра реки, где происходит разложение и последующая утилизация органических ве-

ществ и снижение концентрации минеральных загрязнителей.

Флористическим обследованием видового состава сообщества водных растений названных рек установлено, что гидроценоз рек Бадам и Кошкар-Ата представлен 15 и 28 видами высших водных растений соответственно. При этом, гидроценоз реки Бадам и первой зоны реки Кошкар-Ата имеют одинаковый видовой состав, сформированный из видов адаптированных к условиям умеренного загрязнения среды обитания минеральными загрязнителями. Доминирующими видами сообщества являются азолла каролинская (*Azolla karolina*), вероника поручейная (*Veronica beccabunga*), жерушник земноводный (*Sium amphibia*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), рдест памирский (*Potamogeton pamiricus*), рдест курчавый (*Potamogeton crispus*), гидрилла мутовчатая (*Hydrilla liphuanica*), поручейник широколистный (*Sium latifolium*), горец земноводный (*Polygonum amphibium*). По биомассе преобладают роголистник погруженный, рдест памирский и гидрилла мутовчатая, которые охватывают глубину до 85-150 см. Вероника поручейная, поручейник широколистный, рдест курчавый и азолла каролинская образуют локальные островки на поверхности биомассы роголистника погруженного и рдеста памирского, глубина погружения их вегетативных частей составляет от 5 до 65 см. Горец земноводный и жерушник земноводный занимают прибрежные зоны русла реки и частично погружены в воду.

Сравнительный анализ морфометрических параметров растений из двух рек не обнаружил существенных различий по всем исследованным показателям, что показывает отсутствие адаптационных модификаций, обусловленных повышенным содержанием ионов тяжелых металлов в воде реки Бадам. В результате лабораторных исследований по изучению индикационных реакций данных видов растений на кратное увеличение концентрации ионов тяжелых металлов, было установлено, что ионы свинца вызывают видимые морфологические и анатомические изменения при концентрации 15,0 мг/л у азоллы каролинской и вероники поручейной, остальные виды оказались толерантными к содержанию металла до 1000,0 мг/л. Это послужило основанием оценить азоллу каролинскую и веронику поручей-

ную к тест-объектам на содержание минимальных количеств свинца в воде.

Исследования сообщества растений второй и третьей зон реки Кошкар –Ата показали существенную трансформацию видового состава, что обусловлено ростом сапропенности вод. Во второй зоне доминирующую группу образуют 6 видов, устойчивых к условиям сильнозагрязненных вод: роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), рдест памирский (*Potamogeton pamiricus*), гидрилла мутовчатая (*Hydrilla liphuanica*), рдест курчавый (*Potamogeton crispus*), камыш озерный (*Scirpus lacustris*), тростник южный (*Phragmites australis*). По биомассе преобладают камыш озерный и тростник южный, которые по берегам реки образуют заросли. В русле реки доминируют роголистник погруженный, гидрилла мутовчатая и рдест памирский. Представители доминирующих видов первой зоны встречаются в незначительном количестве или в единичном экземплярах.

Доминирующая группа видов третьей зоны представлена 9 видами, адаптированных к высокой степени загрязненности вод и интенсивности биохимических процессов: камыш озерный (*Scirpus lacustris*), тростник южный (*Phragmites australis*), рдест памирский (*Potamogeton pamiricus*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), стрелолист стрелолистный (*Sagittaria sagittifolia*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), ряска малая (*Lemna minor*), ряска горбатая (*Lemna gibba*) и ряска тройчатая (*Lemna trisulca*).

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Степень трансформации фитоценоза нефтезагрязненных территорий зависит от количественных показателей загрязнений и фракционного состава нефтепродуктов. 1-3% содержание легких фракций нефти является летальным для определенных видов и снижает видовой состав фитоценоза на 44,5%. Темные фракции нефти и нефтепродуктов характеризуются хроническим эффектом действия и при концентрации 5-15% вызывают снижение видового состава фитоценоза до 90-95%;

2. На изменение видового состава сообщества высших водных растений оказывают влияние природа и количественные показатели заг-

разненности вод. При этом, определяющую роль играет интенсивность биологических и биохимических процессов водной среды;

3. Фитоценоз почв, загрязненных легкими фракциями нефтепродуктов представлен 50 видами. Из которых 25 составляют доминирующую группу видов растений. Видами-доминантами почв, загрязненных темными фракциями нефти являются свинорой пальчатый (*Cynodon dactylon*), мятлик однолетний (*Poa annua*), тростник южный (*Phragmites australis*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*), роголовник серповидный (*Ceratocerphala testiculata*).

Из выделенных видов высших водных растений - доминантов, такие как роголистник погруженный, гидрилла мутовчатая и рдест памирский являются толерантными к различным условиям среды обитания, а азолла каролинская, вероника поручейная, жерушник земноводный, камыш озерный и тростник южный являются видами, индицирующие определенные физико-химические параметры вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова И.Ю., Пахненко-Дурынина Е.П. Реакция с/х растений на загрязнения почвы нефтью // Сб. Науч. Тр. Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова. 2002. С.-189-195.

2. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Биоэкологические принципы миниторинга и нормирования загрязнения почв (на примере тяжелых металлов). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2001.-64 с.

3. Шварц С.С. Внутривидовая изменчивость и методы ее изучения // Зоология животных. – Т.42. – Вып. 3. – 1969. – С.112-121.

4. Дорохова М.Ф. Почвенные водоросли как индикаторы трансформации почв в районах угледобычи / Ландшафтная индикация для рационального использования природных ресурсов: Тез. докл. Всес. научн. совещ., Москва, 25-27 ноября, 1986. – М., 1986. – С. 215-216.

5. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: Структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.

6. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.

7. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. Здоровье среды: практика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 320 с.

8. Шемет С. // Вестник Львов. ун-та. Сер. биол. – 2003. – Вып. 33. – С. 177-184.

9. Sze H., Palmgren M. G. // Plant Cell. – 1999. – Vol. 11. – P. 677-690.

10. Байсеитова Н.М. Ауыр металдардың мутагенді фактор ретінде активтігі. // Труды международной научно-практической конференции «аузовские чтения-4» и третьей научной конференции вузов Южного региона. Шымкент, 2004.с. 20-23.

11. Исаева А.У. Фитоценоз нефтезагрязненной техногенной экосистемы // Поиск,-2002,-№3. – С. -131-135.

12. Джубатурова С.С., Альжанова Б.А. Экологическая оценка темно-каштановых почв Караганакского нефтегазового комплекса в связи с техногенезом // Сб.тр. региональной научн.-практ. Конф молодых ученых, г. Шымкент, 17-18 февраля, 2003, - С.-23-27.

13. Айдосова С.С., Ахметова А.Б. Анотомическая структура стебля Стипа капиллата и Агропирон кристатум в условиях загрязнения несимметрическим диметилгидрагеназом // Вестн. КарГУ. Сер. Биол., мед., геогр.-2004.- №3,- С. -7-15.

Резюме

Оңтүстік өнірінің мұнаймен және мұнай өнімдерімен ластаңған аймақтарындағы фитоценоздың түрлік өзгеруіне мұнай фракцияларының және олардың мөлшерінің өсері, су көздерінің ластану дөрежесінің су өсімдіктері қауымдастырының трансформациялануына өсерлерін зерттеу жұмыстарының нәтижелері саралталған. Сонымен катар, өр дөрежедегі ластану ортасына бейімделген доминантты өсімдік түрлері анықталған.

Summary

In given clause the results of researches on study of influence oil of pollution on kind structure Fitocenose and Hydrocenose are given. The kinds-majorant, steady against varios condition of poolution are allocated.