

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ СОКОЛОВСКИХ НЕФТЯНЫХ ЯМ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) МЕТОДОМ ФИТОИНДИКАЦИИ

## ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF TERRITORY OF SOKOLOVSKY PETROLEUM PITS (ASTRAKHAN REGION) BY THE METHOD OF FITOINDICATION

**A. Drozdova  
I. Melnik**

*Summary.* Pollution of soils with oil and oil products is a very common type of negative anthropogenic impact, especially in industrial regions of Russia.

An assessment was made of the ecological condition of the territory of the Sokolovskoye oil fields by the bioindication method (fluctuating asymmetry) according to the methodology of Russian scientists Yablokov A. V., Zakharov V. M., 1996, the methodology is based on the theory that the difference between the left and right halves of the leaf correlates with the degree of general disturbance of the environment. As a bioindicator used elm small-leaved, black mulberry, large burdock, nightshade black, broad-leaved quinoa, silver fir.

Estimating the degree of fluctuating asymmetry in the territory of the Sokolovskoye oil fields in the Astrakhan region, the work shows that the plants in the oil-polluted zone are in critical condition, and the territory itself is assessed as environmentally unfavorable.

*Keywords:* elm small-leaved, contamination, quinoa sprawling, large burdock, silver ferruginous, nightshade black, Sokolov oil wells, fluctuating asymmetry, black mulberry.

**Дроздова Алёна Евгеньевна**

Аспирант, ФГБОУВО Астраханский государственный  
технический университет, г. Астрахань  
alenuchka\_1991@mail.ru

**Мельник Ирина Викторовна**

К.б.н., доцент, ФГБОУВО Астраханский  
государственный технический университет,  
г. Астрахань

*Аннотация.* Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами относится к весьма распространенному типу негативного антропогенного воздействия, особенно в промышленных регионах России.

Была дана оценка экологического состояния территории Соколовских нефтяных ям методом биоиндикации (флуктуирующей асимметрии) по методике российских ученых Яблокова А. В., Захарова В. М., 1996, в основе которой положена теория о степени асимметричности левой и правой половинами листовой пластины, коррелирующее с уровнем нарушенности окружающей среды. В качестве биоиндикатора использовались вяз мелколистный, шелковица черная, лопух большой, паслен черный, лебеда раскидистая, лох серебристый.

Оценив степень флуктуирующей асимметрии на территории Соколовских нефтяных Астраханской области, в работе показано, что растения нефтезагрязненной зоны находятся в критическом состоянии, а сама территория оценивается как экологически неблагоприятная.

*Ключевые слова:* вяз мелколистный, загрязнения, лебеда раскидистая, лопух большой, лох серебристый, паслен черный, Соколовские нефтяные ямы, флуктуирующая асимметрия, шелковица черная.

### Введение

**О**bjectом биоиндикации антропогенных воздействий являются растения. Они как продуценты экосистемы в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на экосистему. Ключевым элементом в цепи экологических последствий такого загрязнения является изменение видового состава растительного покрова и уменьшение его продуктивности вплоть до полной гибели всех растений на загрязненном участке [1].

Для оценки стабильности развития растения можно использовать любые признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно нор-

мальное значение и, соответственно, учесть степень отклонения от него. Предпочтительным в силу простоты и однозначности интерпретации является учёт асимметрии исследуемых структур, которые в норме являются симметричными.

Наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития — флуктуирующая асимметрия, как результат неспособности организма развиваться по точно определенным путям. Под флуктуирующей асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния.

Основополагающим фактором для растений являются почвы, которые в районе Соколовских ям находятся в области пустынно-степного почвообразования, а его



Рис. 1. Параметры листа на примере лебеды раскидистой

основные черты — это малая гумусность, высокая минерализация почвенных растворов и грунтовых вод [4].

Цель исследования: определить толерантные и более чувствительные жизненные формы растений методом флуктуирующей асимметрии на территории Соколовских нефтям (Астраханская область).

#### Материалы и методы исследований

Была дана оценка экологического состояния территории Соколовских нефтям методом биоиндикации (флуктуирующей асимметрии) по методике российских ученых А. В. Яблокова и В. М. Захарова (1996). В качестве биоиндикатора использовались деревья (вяз мелколистный, шелковица черная), травянистые растения (лопух большой, паслен черный, лебеда раскидистая), и кустарники (лох серебристый), широко произрастающие на исследуемой территории [3].

Образцы растений были отобраны на территории Соколовских нефтям. Сбор материала осуществлялся после завершения интенсивного роста (конец августа — начало сентября).

В качестве контроля использовалась располагающаяся в 150 м от нефтям рекреационная территория (Ас-садулаевский пляж) со схожими почвенными условиями и отсутствием загрязнений нефтепродуктами. Состав почвогрунтов по результатам рекогносцировочных обследований включает в себя песчано-растительный слой (до 20 см), суглинки серовато-бурые, глину серую

и песок (пылеватый и мелкий), что является характерным для данной природной зоны. Сравнение показателей грунтов Соколовских нефтям и рекреационной зоны свидетельствует об их схожести [2].

Для определения степени асимметричности производилось определение следующих морфометрических показателей: 1 — ширина половинки листа; 2 — длина второй жилки второго порядка от основания листа; 3 — расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 — расстояние между концами этих жилок; 5 — угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка (рис. 1.).

Величина асимметричности оценивалась с помощью интегрального показателя — величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая отношения разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесенная к числу признаков). Вычисления производились для каждого листа по пяти признакам в пятикратной повторности.

#### Результаты исследования

Результаты произведенных промеров исследуемых показателей по всем объектам позволили определить их степень асимметричности (табл. 1–12).

См. таблицу 1. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7}{7}$$

Таблица 1. Расчет степени асимметричности лебеды раскидистой (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}$
1	0	0,1	0,09	0,2	0,059	0,089
2	0,037	0,16	0,06	0	0,09	0,347
3	0	0,08	0,125	0,066	0	0,271
4	0,25	0,043	0,066	0	0,059	0,418
5	0,22	0,087	0,052	0,066	0,069	0,497
6	0,05	0,02	0	0,04	0,135	0,245
7	0,052	0	0,08	0	0,02	0,152

Таблица 2. Шкала оценки степени асимметричности по В. М. Захарову и Е. Ю. Крысанову (1996)

Балл	Значение показателя асимметричности
1 балл — условная норма	До 0,055
2 балл	0,055–0,060
3 балл	0,060–0,065
4 балл	0,065–0,070
5 балл — критическое состояние	Более 0,07

Таблица 3. Степень асимметричности лебеды раскидистой в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_l - X_k}{X_l + X_k}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N}$
1	0,066	0,034	0,08	0,06	0,047	0,057
2	0,04	0,035	0,1	0,028	0,07	0,055
3	0,09	0,036	0,05	0,05	0,02	0,05
4	0,018	0,046	0,04	0,019	0,02	0,028
5	0,017	0,027	0,04	0,019	0,047	0,04
6	0,045	0,026	0,04	0,045	0,08	0,047
7	0,0044	0,028	0,019	0,043	0,05	0,036
8	0,06	0,057	0,038	0,02	0,045	0,04

$$\chi = \frac{0,089+0,347+0,271+0,418+0,497+0,245+0,152}{7} =$$

$$= \frac{1,330}{7} = 0,190$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения, для которого разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы (табл. 2). Полученный в результате расчетов показатель равен 0,190 (более 0,07), что свидетельствует о превышении значения уровня асимметричности 5-балльной шкалы.

Данное обстоятельство позволяет заключить то, что лебеда раскидистая находится в критическом состоянии.

В таблице 3 представлены результаты расчетов степени асимметричности листовых пластин лебеды раскидистой, собранной с территории рекреационной зоны (Асадулаевский пляж) и используемой в качестве контрольного варианта.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5+Z_6+Z_7}{7}$$

Таблица 4. Расчет степени асимметричности вяза мелколистного (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	2 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	3 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	4 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	5 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5}{N}$
1	0,06	0,166	0,33	0,052	0,055	0,1326
2	0	0	0,33	0,27	0	0,12
3	0	0,117	0	0,27	0,03	0,0834
4	0,032	0,058	0	0,09	0,024	0,0408
5	0,07	0	0,143	0,143	0,023	0,0758

Таблица 5. Степень асимметричности вяза мелколистного в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	2 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	3 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	4 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	5 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5}{N}$
1	0	0,053	0,143	0	0,017	0,0426
2	0	0,03	0	0,07	0,047	0,0294
3	0,085	0,085	0,143	0	0,007	0,064
4	0,06	0,09	0,2	0,27	0,018	0,1276
5	0	0,06	0,2	0,111	0,037	0,0816

Таблица 6. Расчет степени асимметричности шелковицы черной (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	2 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	3 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	4 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	5 признак (1) $Y = \frac{Xл-Xп}{Xл+Xп}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y1+Y2+Y3+Y4+Y5}{N}$
1	0	0,024	0,21	0,025	0,066	0,065
2	0,041	0,138	0,162	0	0,047	0,0776
3	0	0,059	0,277	0,161	0,066	0,1126
4	0,028	0,05	0,111	0,058	0,066	0,0626
5	0	0	0,312	0,133	0,039	0,0968

$$x = \frac{0,057 + 0,055 + 0,05 + 0,028 + 0,04 + 0,047 + 0,036 + 0,04}{8} = \frac{0,297}{8} = 0,037$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины лебеды раскидистой (0,037 менее 0,055), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о благоприятной экологической ситуации на территории рекреационной зоны (табл. 4).

См. таблицу 4. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$X = \frac{\Sigma Z}{n} = \frac{Z1+Z2+Z3+Z4+Z5}{5}$$

$$X = \frac{0,1326+0,12+0,0834+0,0408+0,0758}{5} = \frac{0,4118}{5} = 0,0823$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения (0,0823 более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-бальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение вяз мелколистный находится в критическом состоянии.

Таблица 7. Степень асимметричности шелковицы черной в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0,037	0,043	0,025	0,125	0,09	0,064
2	0,122	0,017	0,285	0,077	0,023	0,1068
3	0	0,137	0,2	0,157	0	0,0988
4	0,019	0,015	0,068	0,2	0,08	0,0764
5	0,074	0,032	0,04	0,055	0,013	0,0428

Таблица 8. Расчет степени асимметричности лопуха большого (территория нефтям)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0,015	0,09	0,11	0,052	0,066	0,0666
2	0,015	0,016	0,066	0,06	0,07	0,0454
3	0,064	0,018	0,063	0,027	0,1	0,0544
4	0,066	0,09	0,04	0,11	0,03	0,0672
5	0,046	0,138	0,166	0,02	0,08	0,126

См. таблицу 5.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,0426+0,0294+0,064+0,1276+0,0816}{5} = \frac{0,3452}{5} = 0,069$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины вяза мелколистного (0,069 более 0,065), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), характеризует территорию на 4 балла, что свидетельствует о существенных (значительных) отклонениях от нормы.

См. таблицу 6. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,065+0,0776+0,1126+0,0626+0,0968}{5} = \frac{0,4146}{5} = 0,0829$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения (0,0829 более 0,07) свидетельствует о превышении значения уровня асимметрично-

сти 5-бальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение шелковица черная находится в критическом состоянии.

См. таблицу 7.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,064+0,1068+0,0988+0,0764+0,0428}{5} = \frac{0,3888}{5} = 0,0777$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины шелковицы черной составляет (0,0777), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о критической экологической ситуации на территории рекреационной зоны.

См. таблицу 8. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,0666+0,0454+0,0544+0,0672+0,126}{5} = \frac{0,3596}{5} = 0,0719$$

Таблица 9. Степень асимметричности лопуха большого в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0	0,034	0,064	0,095	0,0386
2	0,015	0,02	0,054	0,095	0,065	0,0498
3	0,046	0,07	0,1	0,2	0	0,0832
4	0,085	0,04	0,136	0,09	0,014	0,0458
5	0,09	0,03	0,07	0	0	0,038

Таблица 10. Расчет степени асимметричности паслена черного (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0,09	0,2	0,11	0,027	0,0854
2	0,11	0,11	0,11	0	0,013	0,2246
3	0,047	0,04	0,07	0,07	0,1	0,0654
4	0	0,03	0,09	0	0,06	0,036
5	0,043	0,062	0,23	0	0	0,042

Таблица 11. Степень асимметричности паслена черного в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0,043	0,032	0,07	0,07	0,015	0,046
2	0,083	0,096	0,23	0,2	0,062	0,1342
3	0,11	0,09	0,066	0,11	0,034	0,082
4	0,034	0,125	0,07	0,058	0,068	0,071
5	0,062	0,11	0,058	0,052	0,037	0,0638

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения (0,0719 более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-тибальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение лопух большой находится в критическом состоянии.

См. таблицу 9.

$$X = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$X = \frac{0,0386+0,0498+0,0832+0,0458+0,038}{5} = \frac{0,2554}{5} = 0,0510$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины лопуха большого составляет (0,0510), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о 1 балле — (до 0,055) условная норма.

См. таблицу 10. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

Таблица 12. Расчет степени асимметричности лоха серебристого (территория нефтяем)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0,032	0,09	0,058	0	0,036
2	0	0,034	0,066	0,2	0,009	0,309
3	0,09	0,034	0,076	0,066	0,096	0,0724
4	0,047	0,037	0,1	0,058	0,1	0,0684
5	0	0	0,285	0,214	0,073	0,1144

Таблица 13. Степень асимметричности лоха серебристого в контроле (рекреационная зона Асадулаевский пляж)

№	1 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	2 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	3 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	4 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	5 признак (1) $Y = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}}$	Среднее Относительное различие на признак (2) $Z = \frac{Y_1+Y_2+Y_3+Y_4+Y_5}{N}$
1	0	0,037	0	0	0,113	0,03
2	0	0	0,23	0	0,064	0,0588
3	0	0,04	0	0	0,106	0,0292
4	0,125	0,076	0,076	0	0,027	0,0608
5	0	0,076	0,58	0	0,014	0,134

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,0854+0,2246+0,0654+0,036+0,042}{5} = \frac{0,4534}{5} = 0,0907$$

Полученный в результате расчетов показатель равен 0,0907 (более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-тибальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение паслен черный находится в критическом состоянии.

См. таблицу 11.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,046+0,1342+0,082+0,071+0,0638}{5} = \frac{0,305}{5} = 0,061$$

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины паслена черного составляет (0,061), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о среднем уровне отклонений от нормы.

См. таблицу 12. Все значения Z складываются и делятся на число этих значений:

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,036+0,309+0,0724+0,0684+0,1144}{5} = \frac{0,6002}{5} = 0,1200$$

Полученный показатель характеризует степень асимметричности растения, для которого разработана пяти-балльная шкала отклонения от нормы (табл. 3). Полученный в результате расчетов показатель равен 0,1200 (более 0,07), т.е. превышает значение показателя асимметричности 5-тибальной шкалы. Данное обстоятельство позволяет заключить то, что растение лох серебристый находится в критическом состоянии.

См. таблицу 13.

$$\chi = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1+Z_2+Z_3+Z_4+Z_5}{5}$$

$$\chi = \frac{0,03+0,0588+0,0292+0,0608+0,134}{5} = \frac{0,3128}{5} = 0,0625$$

Таблица 14. Степень асимметричности растений различных жизненных форм

Жизненные формы растений	Виды растений	степень асимметричности			
		территория нефтяям	рекреационная зона	условная норма	критическое состояние
1. Травянистые растения	лопух большой	0,0833	0,065	до 0,055	более 0,07
	лебеда раскидистая	0,19	0,037	до 0,055	более 0,07
	паслен черный	0,097	0,061	до 0,055	более 0,07
2. Кустарники	лох серебристый	0,12	0,0625	до 0,055	более 0,07
3. Деревья	вяз мелколистный	0,0823	0,069	до 0,055	более 0,07
	шелковица черная	0,0829	0,0777м	до 0,055	более 0,07

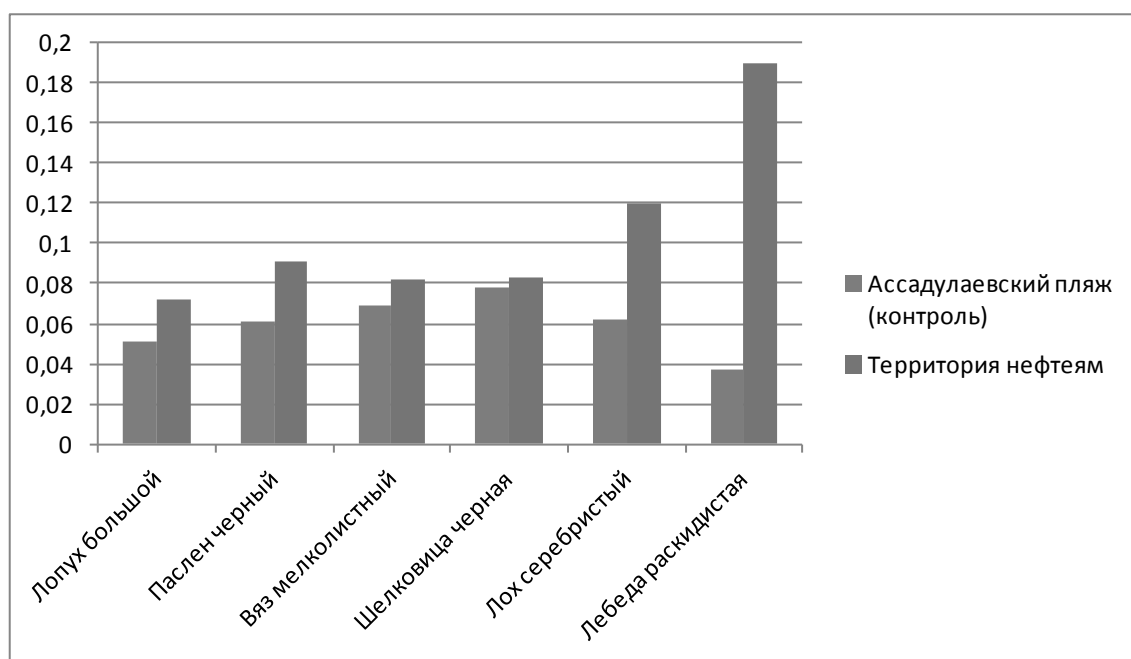


Рис. 2. Значения показателей асимметричности

Полученное в результате расчетов значение степени асимметричности листовой пластины лоха серебристого (0,0625), произрастающей в рекреационной зоне (пляж), свидетельствует о значении, оцениваемом в 3 балла. Это средний уровень отклонений от нормы.

Результаты сравнительного анализа исследуемого показателя на двух территориях (нефтяям и пляж-контроль) представлены на рисунке 2.

Данные рисунка показывают превосходство показателя степени асимметричности листовой пластины лебеды раскидистой, лопуха большого, паслена черного, лоха серебристого, вяза мелколистного, шелковицы черной произрастающей на территории Соколовских нефтяям, относительно проб, собранных на территории пляжа (контроль), более чем в 5 раз. При этом следует отметить, что наиболее чувствительной по отношению

к нефтяному загрязнению является лебеда раскидистая, показатель асимметричности которой был максимальным (0,190) на территории нефтяям и минимальным (0,037) — в рекреационной зоне (табл. 14). Разница между данными значениями была максимальной для всех исследуемых растений и составляла 0,153 (рис. 3). Реакция на нефтяное загрязнение у паслена черного и лопуха большого была схожей с таковой у лебеды раскидистой, однако разница между значениями была ниже (0,036 и 0,0169, соответственно).

См. таблицу 14.

Таким образом, исследованные травянистые растения, в особенности лебеда раскидистая и паслен черный, обладают высокой чувствительностью к нефтяному загрязнению почвы и поэтому могут использоваться в качестве фитоиндикаторов окружающей среды для



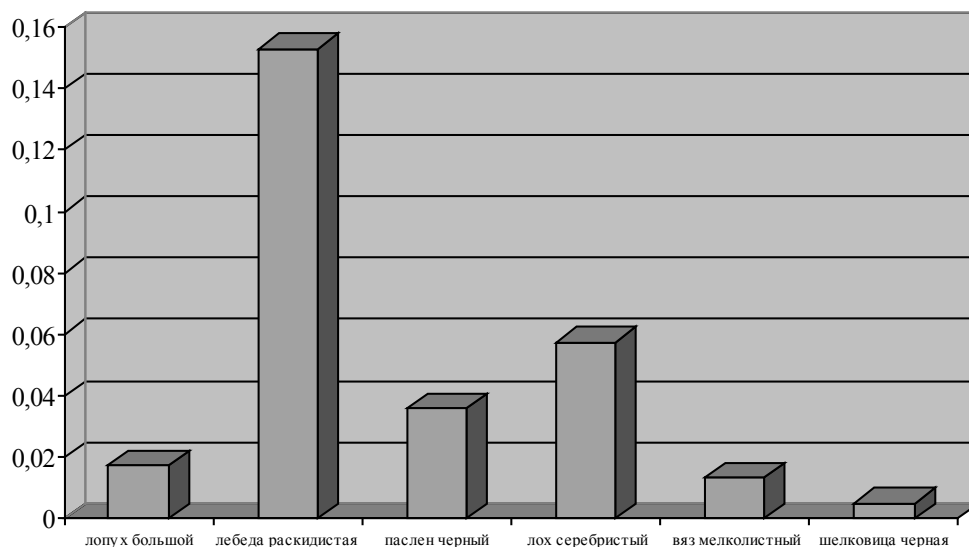


Рис. 3. Чувствительность растений к нефтяному загрязнению

оценки экологического состояния территории методом флуктуирующей асимметрии.

По результатам исследований двух видов деревьев (вяз мелколистный, шелковица черная) нами отмечено, что и на территории нефтяем, и в рекреационной зоне (контроль) растения находятся в критическом состоянии (степень асимметричности более 0,07). Однако на нефтезагрязненной территории данный показатель имеет тенденцию к увеличению (на 0,012 у шелковицы черной и на 0,013 у вяза мелколистного), что подтверждает повышенную загрязненность данной территории.

Экологическое состояние рекреационной зоны (контроль-пляж) вызывает большие сомнения в ее благополучии и требует проведения дополнительных исследований по степени загрязнения территории по различным компонентам окружающей среды. Тем более, учитывая тот факт, что и р.Волга, и ее рукав Кизань активно используются судоходством, а в 100–200 м от исследуемых объектов ведутся инженерно-строительные работы на бывшей территории Башмаковского рыбопитомника по формированию площадки под строительство коттеджного поселка. Не следует пренебрегать и природным фактором учитывая, что данная территория находится в неблагоприятной природно-климатической зоне и характеризуется высоким риском сезонного подтопления.

А, в целом, реакция растений на обоих участках (нефтяемы, контроль) была практически идентичной, что позволяет рекомендовать данные виды деревьев для биоиндикации окружающей среды методом флуктуирующей симметрии.

Из кустарников на данной территории произрастает один вид — это лох серебристый, степень асимметричности листьев которого была одной из самой высокой в наших исследованиях на территории нефтяем (0,120) и уступала только таковой лебеда раскидистой (0,190). Однако и в данном случае кустарник в условиях рекреационной зоны (контроль) испытывает определенный дискомфорт согласно Шкале оценки по В.М. Захарову (1996) — степень асимметричности 0,0625 (3 балла) соответствует среднему уровню отклонения от нормы.

На рисунке 3 показана разница между минимальным и максимальным значением степени асимметричности, которая может являться показателем чувствительности растений к загрязнению нефтепродуктами.

Максимальной чувствительностью к нефтяному загрязнению, согласно данным, представленных на рисунке 3, обладают травянистые растения, в особенности лебеда раскидистая. Высокой чувствительностью также характеризуется и кустарник лох серебристый. И только деревья обладают относительной толерантностью к нефтяному загрязнению, хотя их состояние было критическим в обоих вариантах и на территории нефтяем, и в рекреационной зоне.

В целом, результаты проведенных исследований являются неоднозначными для различных жизненных форм растений, что является следствием длительного воздействия нефтяного загрязнения на все компоненты окружающей среды территории (Соколовские нефтемы использовались с начала прошлого века). В данном аспекте особый интерес может представлять загрязнение подземных вод по причине их близкого залегания

Таблица 14. Содержание нефтепродуктов в подземных водах

ПДК <sub>в</sub> , мг/дм <sup>3</sup> (водоемы рыбохозяйственного значения)	ПДК <sub>в</sub> , мг/дм <sup>3</sup> (водоемы хозяйственного и культурно-бытового водополь- зования)	Содержание загрязняющих веществ, мг/ дм <sup>3</sup>	
		н/я № 1	н/я № 2
0,05	0,3	4,4	26,0

(в отдельных местах до 0,5 м) и поднятия к поверхности в период естественного подтопления.

Согласно результатам комплексного мониторинга, проведенного Астраханским государственным техническим университетом на территории Соколовских нефтях (Отчет о НИР..., 2015), в подземных водах исследуемой территории отмечаются превышения содержания нефтепродуктов в 88 и 14,4 раз для 1-й нефтямы и 520 и 86,6 раз для 2-й ямы относительно норм (табл. 15) с учетом того, что р. Кизань является, как водоемом рыбохозяйственного, так хозяйственного и культурно-бытового назначения. Необходимо отметить, что повышенное содержание нефтепродуктов в грунтовых водах говорит о высокой их миграционной активности. И поскольку рекреационная зона располагается в непосредственной близости от нефтях (300 м) и, учитывая высокую миграционную скорость нефтепродуктов, можно говорить о загрязнении подземных вод на значительной площади. Положение усугубляется в период сезонного подтопления и поднятия подземных вод.

Данное обстоятельство представляет значительную опасность для деревьев, обладающих развитой длинной корневой системой. Возможно, поэтому и на террито-

рии нефтях, и в рекреационной зоне вяз мелколистный и шелковица черная находятся в критическом состоянии.

#### ВЫВОДЫ

1. Максимальной чувствительностью к нефтяному загрязнению обладают травянистые растения, в особенности лебеда раскидистая. Высокой чувствительностью также характеризуется и кустарник лох серебристый.

2. Деревья вяз мелколистный и шелковица черная обладают относительной толерантностью к нефтяному загрязнению.

3. Критическое состояние деревьев, а также кустарника и на территории нефтях, и в рекреационной зоне обусловлено загрязнением подземных вод нефтепродуктами и природным сезонным подтоплением территории.

4. Высокая чувствительность лебеды раскидистой и лоха серебристого позволяет рекомендовать данные растения в качестве фитоиндикаторов окружающей среды для оценки экологического состояния территории методом флуктуирующей асимметрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коцубинский А. О. Нефтьшлямы. — М., Наука, 2001. — С.12–47.
2. Отчет о НИР «Оценка технологий утилизации нефтеотходов для сохранения биоразнообразия на северном каспии в рамках мероприятий по снижению накопленного экологического ущерба в Астраханской области», АГТУ, 2015. С. 74.
3. Пилипенко В. Н., Современная флора и динамика растительности дельты Волги. Автореф. дисс.док. биол. наук. Астрахань, 2003. — 44 с.
4. Пилипенко В. Н., Шейн Е. В., Федотова А. В., Перевалов С. Н., Яковлева Л. В., Сальников А. Л. Почвенно — растительный мониторинг дельты Волги // Успехи современного естествознания. 2003. № 12. С. 101–103.

© Дроздова Алёна Евгеньевна (alenuchka\_1991@mail.ru), Мельник Ирина Викторовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»