

УДК 582.2

М. ТАВАССИ¹, С.С. БАРИНОВА¹, О.В. АНИСИМОВА², Э. НЕВО³,
С.П. ВАССЕР^{1,2},

¹ Ин-т эволюции Хайфского ун-та, Маунт Кармель, Израиль 31905 Хайфа

² Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Звенигородская биостанция
им. С.Н. Складовского, Россия 119992 Москва, Ленинские горы, 1

³ Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины,
Украина, 01001 Киев, ул. Терещенковская, 2

ВОДОРΟΣЛИ-ИНДИКАТОРЫ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЯРКОН (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИЗРАИЛЬ)

Из 53 образцов планктона и перифитона, собранных на 14 станциях р. Яркон в течение 2003-2004 гг., определено 247 видов водорослей из 5 отделов, из них 204 вида (82,6%) являются индикаторами экологических условий. На основе распределения числа видов в экологических группах воды р. Яркон можно охарактеризовать как пресные, среднеминерализованные или солоноватые, умеренные по температуре, слаботекучие, щелочные, которые позволяют водорослям развиваться как в планктоне, так и на субстратах. Индикаторы сапробности по Ватанабе показывают умеренный уровень загрязнения реки. Индексы сапробности S по Сладечку изменялись от 1,31 (в истоке) до 2,88 (напротив промзоны Петах-Тиква), что соответствует II-IV классам качества вод. Способность воды к самоочищению в р. Яркон достаточно развита и соответствует олиго- α -мезосапробной зонам самоочищения. Индексы загрязнения EPI изменялись от 2 до 4 и указывали на слабозагрязненные до сильно загрязненных вод II-III класса. Индексы состояния экосистемы (WESI), показывают, что в маловодный сезон предполагается токсическое воздействие воды на водоросли. Индексы загрязнения реки по сапробности (RPIs = 2,3), электропроводности (RPIe=2,0-2,7), нитратному азоту (RPI_{NO3}=1-8) и pH (RPI_{pH}=7,7-7,8) свидетельствуют о том, что воды р. Яркон щелочные, средней минерализации со спорадическим притоком нитратов в течение года, соответствуют III классу качества вод и β -мезосапробной зоне самоочищения. По результатам работы удалось охарактеризовать степень самоочистительной способности реки на основе новых зарубежных методик и предложить показатели для паспортизации водных объектов и мониторинга. Результаты наших оценок подтверждают возможность применения методов биондикации качества среды по водорослям на водных объектах в Израиле.

Ключевые слова: биоразнообразие, биондикация, водоросли, Израиль, экология.

Введение

Изучение биоразнообразия водорослей в восточном Средиземноморье становится жизненно важной необходимостью в связи с усиливающимся промышленным воздействием на водные экосистемы в этом регионе. На сегодняшний день имеется много ссылок на мониторинг водных объектов, тщательно изученных на европейском побережье региона (Dell'Uomo, 1999; Prygiel, Coste, 1999), определить таковые в костальной зоне Израиля еще только предстоит. Хотя разнообразие водорослей на территории Израиля изучается уже более 130 лет и составляет к настоящему времени свыше 1400 таксонов видового и внутривидового ранга (Виноградова и др., 2000а, б; Масюк и др., 2001; Михайлюк и др., 2001;

© М. Тавасси, С.С. Баринаова, О.В. Анисимова, Э. Нево, С.П. Вассер, 2005

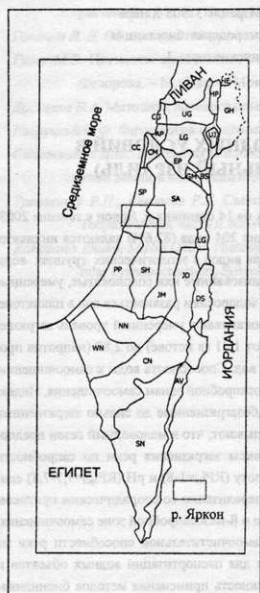


Рис. 1. Расположение района исследований на карте растительных регионов Израиля. Условные обозначения: AP – Долина Акко; AV – Долина Аравы; BS – Долина Бет Шеан; CC – Берег Кармеля; CM – Гора Кармель; CN – Центральный Негев; DS – Район Мертвого моря; EP – Долина Эсдралон; GC – Берег Галилеи; GH – Голанские Высоты; GM – Горы Гильбоа; HE – Хермон; HP – Долина Хулы; JM – Иудейская Пустыня; JM – Иудейские горы; LG – Нижняя Галилея; LJ – Нижняя Иорданская Долина; NN – Северный Негев; PP – Филистинская Долина; SA – Самария; SH – Шефела; SN – Южный Негев; SP – Долина Шарон; UG – Верхняя Галилея; UJ – Долина Верхнего Иордана; WN – Западная Галилея.

Река Яркон – одна из наиболее значительных рек в Израиле, впадающая в Средиземное море (рис. 1, 2). Ее длина от ручья Рош Хаин до устья составляет около 27,5 км, а площадь бассейна водосбора около 1800 км² (Kadmon, 1994; Morad, 1999). В реку впадает более 2 тыс. ручьев в период зимних дождей, летом они пересыхают. Три притока впадают в р. Яркон в верхнем и среднем ее течении – Цир, Шила, Кане, причем два последних принимают сточные воды от сельского хозяйства и промышленности. На протяжении реки расположено более 50 водозаборных насосных станций. До 50-х годов река имела чистые воды, богатую экосистему с высоким разнообразием флоры и фауны и относилась к типу водно-болотных угодий с большим количеством водной растительности и заросшими берегами (Israel ..., 2004). Бассейн реки в настоящее время сильно трансформирован сельскохозяйственной обработкой в верхнем течении и урбанизирован в нижнем ее течении. Ухудшение состояния реки началось после 1955 г., когда была создана система центрального трубопровода, отводящего воды из рек для ирригации в южные аридные районы пустыни Негев. В настоящее время р. Яркон протекает по наиболее населенной территории Израиля, включая самый крупный город Тель-Авив. Программа реабилитации реки была начата Управлением Яркона в 1988 г. и к настоящему времени флора и фауна восстанавли-

ливается на верхнем, 7-километровом участке реки (Gasith, 1992; Israel ..., 2004). Течение реки неравномерное, местами замедленное. Русло в нижней городской части подпружено и служит для рекреации населения. Плотины защищают расположенную выше часть бассейна от морских приливов.

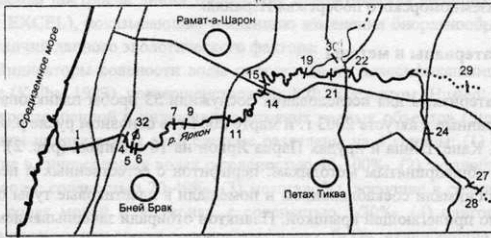


Рис. 2. Карта района исследований с указанием станций отбора проб в бассейне р. Яркон.

В то время, как антропогенное воздействие на водные объекты Израиля усиливается, в системе государственного мониторинга гидробиологические показатели отсутствуют (Israel ..., 2004). Однако самоочищение вод связано именно с биотической составляющей водных экосистем, наиболее важную, базисную часть которых составляют водоросли. Поэтому изучение разнообразия водорослей позволяет показать экологическое и санитарно-биологическое состояние вод и охарактеризовать саму экосистему, ее самоочистительную способность. Наш подход основывается на методах биоиндикации условий обитания водорослевых комплексов. Показательным является не только их видовой состав, но и обилие каждого вида-индикатора. Оценки состояния водной экосистемы по составу комплексов водорослей на основе методов биоиндикации находят широкое применение (Барина, 2000; Whitton, Rott, 1995), но возможности этих методов далеко не исчерпаны. В частности, весьма привлекательным выглядит метод составления бассейновых карт качества воды на основе индексов сапробности, рассчитанных по водорослевому сообществу, впервые предложенный в Японии (Sumita, 1986; Watanabe et al., 1986). Интегральные подходы к анализу полученных данных также являются перспективными.

Водоросли р. Яркон изучали спорадически, начиная с 1944 г. (Царенко и др., 1996а, б; Масюк и др., 1999; Rayss, 1944, 1951; Komarovskiy, 1951; Vinogradova et al., 1996; Tsarenko et al., 1997; Hisoriev et al., 1999; Nevo, Wasser, 2000). Видовой состав водорослей реки к настоящему времени насчитывает всего 32 вида, большая часть из которых – эвгленовые.

Цель нашего исследования – изучение водорослей-индикаторов р. Яркон. Для этого следовало определить видовой состав водорослей в русле, притоках и прилегающих водоемах, обилие видов в комплексах, выявить виды-индикаторы местообитания, температурный режим, текучесть вод и их обогащенность кислородом, соленость, pH воды и насыщенность ее органическими веществами, рассчитать индексы сапробности, загрязнения реки и состояния экосистемы,

а также классифицировать качество воды по средовым и биотическим показателям на станциях на всем протяжении реки и составить карты качества воды по М. Сумита (Sumita, 1986). Мы полагаем, что сообщества водорослей р. Яркон в целом, как система, отражают сумму экологических факторов и их динамику в типичной реке Средиземноморского побережья Израиля.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 53 пробы планктона и перифитона, отобранные в августе 2003 г. и марте 2004 г. в основном русле р. Яркон, притоках Цир, Кане, Ши́ла и прудах Парка Яркон на 18 станциях (рис. 2). Пробы собирали по общепринятым методикам: перифитон с естественных и неприродных субстратов снимали соскабливанием и помещали в пластиковые тубы объемом 15 мл с плотно прилегающей крышкой. Планктон отбирали зачерпыванием и сетью с газом № 74, помещали в пластиковые тубы объемом 25 мл. Все образцы фиксировали раствором 3% формальдегида (Whitton et al., 1991). Водоросли изучали в препаратах под микроскопами SWIFT и OLYMPUS при увеличении в 740–1850 раз и фотографировали с помощью камеры DC (Inspector 1). Диатомовые водоросли обрабатывали по перекисной методике (Swift, 1967) в модификации на стеклах (Барина, 1988; Барина, 1997) и фиксировали в канадском балземе.

В работе использована таксономическая система водорослей, принятая в серии “Süswasserflora von Mitteleuropa” (Starmach, 1985; Ettl, Gartner, 1988; Krammer, Lange-Bertalot, 1991a, b, 1997a, b; Komárek, Anagnostidis, 1998), система зеленых водорослей в целом – по K.R. Mattox и R.D. Stewart (1984). В дополнение использованы монографические обработки отдельных таксонов (Голлербах и др., 1953; Попова, 1966; Паламарь-Мордвинцева, 1982; Мошкова, Голлербах, 1986; Krammer, 1985; Lange-Bertalot, Krammer, 1987; Meffert, 1987; Komárek, Anagnostidis, 1989; Barber, Carter, 1996; Komárkova-Legnerová, Tavera, 1996; Hegewald, 2000; Krammer, 2000; Rumrich et al., 2000).

Параллельно с отбором проб водорослей были измерены основные физико-химические показатели среды – температура, pH, электропроводность и минерализация воды (прибор HANNA HI 9813), а также концентрация нитратного азота N-NO₃ (прибор HANNA HI 93728).

Обилие водорослей в комплексах оценивали по 6-балльной шкале (Кордз, 1956) для расчета индексов сапробности *S* по методу Пантле-Бука в модификации Сладечека, а также по 5-балльной шкале (Whitton et al., 1991) для расчета индексов загрязнения EPI (Environmental Pollution Index).

Сведения об аутоэкологии видов водорослей собраны нами из упомянутых выше литературных источников и объединены в картотеку (Барина и др., 2000), а сведения о нахождении видов водорослей в Израиле составлены по литературным данным.

Экологический анализ проведен по трем основным группам индикаторов – солености, pH и сапробности, а также по отношению к температуре, типу местообитания, текучести вод и обогащенности их кислородом. Каждая группа индикаторов проанализирована в отношении значимости для биоиндикации. Число и обилие видов, входящих в названные группы, и их биоиндикационная специфика отражают реакцию водной экосистемы на температуру и подвижность вод, эвтрофикацию, уровень pH (ацидификацию), соленость и органическое загрязнение.

Для каждой группы индикаторов были построены гистограммы распределения числа видов. Группы на графах организованы в порядке усиления устойчивости к конкретному экологическому фактору, например от алкалифилов к ацидофилам по направлению усиления реакции на закисление. Для каждой диаграммы распределения построена линия тренда (как статистическая функция в редакторе Microsoft EXCEL), показывающая тенденцию изменения биоразнообразия в отношении отличий данного экологического фактора.

Индикаторы солености воды определяли по классификационной системе Р. Кольбе (Kolbe, 1927), усовершенствованной Ф. Хустедтом (Hustedt, 1957) и широко распространенной в индикации состояния водных объектов (Stoermer, Smol, 1999). Виды-индикаторы в этой системе разделены на 4 группы: (1) полигалобы, обитающие в гиперсоленых водах с соленостью 40-300‰, (2) эугалобы, обитатели морских вод с соленостью 20-40‰, (3) мезогалобы, живущие в солоноватых прибрежных водах морей и эстуариях, с соленостью 5-20‰, (4) олигогалобы, обитающие в пресных или слегка солоноватых водах 0-5‰, включающие 4 группы: а) галофилы, преимущественно пресноводные, но распространенные также в водах с невысоким уровнем концентрации NaCl, б) индифференты, типично пресноводные, иногда встречающиеся в слегка солоноватых водах, с) галофобы, типично пресноводные, избегающие даже небольших концентраций NaCl.

Распределение видов, чувствительных к pH воды, которые могут индцировать этот показатель, осуществляли на основе классификации, разработанной Ф. Хустедтом (Hustedt, 1938-1939). Классификационная система включает 12 групп видов-индикаторов pH от алкалифилов, обитающих в водах с pH 8 и более, до ацидобионтов, живущих в кислых водах с pH 5 и менее.

Из нескольких наиболее широко применяемых систем оценки сапробности выбраны две. Первая разработана В. Сладечеком (Sladěček, 1973, 1986) на основе метода Пантле-Бука (Pantle, Buck, 1955), и мы считаем ее наиболее подходящей для анализа сообществ водорослей р. Яркон. Виды-индикаторы в этой системе разделены на 4 основные группы в соответствии с величиной их индивидуального индекса сапробности (s) от ксеносапробов ($s = 0-0,5$), обитателей чистых вод, до полисапробов ($s = 3,5-4,0$), предпочитающих воды, богатые органикой. Индексы сапробности рассчитывали для каждого конкретного сообщества как функцию численности видов-индикаторов с определенным индексом s по формуле:

$$S = \sum sh / \sum h \quad (1),$$

где S – индекс сапробности сообщества водорослей (безразмерный), s – видоспецифичный индекс уровня сапробности, h – частота встречаемости вида-индикатора в сообществе, определенная по шестибальной шкале (Кордз, 1956), принятой в системах мониторинга стран СНГ, или пятибальной шкале (Whitton et al., 1991), используемой в системах мониторинга Европейского сообщества. Класс качества воды и зону самоочищения воды определяли по системе классификации с экологических позиций, широко распространенной в странах Европы (Унифицированные ..., 1977; Романенко и др., 1990; Whitton et al., 1991; European Parliament, 2000).

Второй метод оценки сапробности, использованный нами, разработан (Dell'Uomo, 1995) на основе системы Зелинки-Марвана (Zelinka, Marvan, 1961) и применяется для оценки органического загрязнения в странах Средиземноморья,

что важно для сравнения с результатами оценок по Израилю. Также как и в расчетах по методу В. Сладчека, здесь имеет значение сапробная валентность вида-индикатора и его обилие в сообществе, но вводится индивидуальный видовой коэффициент. Индексы EPI (Environmental Pollution Index) рассчитывали по формуле:

$$EPI = \sum a_j r_j i_j / \sum a_j r_j \quad (2),$$

где EPI – индекс эвтрофикации/загрязнения для каждой станции; a_j – обилие вида в сообществе по пятибалльной шкале; r_j – постоянный видовой индекс EPI эвтрофикации/загрязнения; i_j – коэффициент R, изменяющийся от 1 до 5.

Индекс EPI рассчитывали по составу только диатомовых водорослей, он варьирует от 1 до 4 и коррелирует с основными гидрохимическими показателями. Качество вод, определенное по индексам EPI, соответствует восьми градациям:

- 0.0 < EPI < 0.5 естественные незагрязненные воды
- 0.5 < EPI < 1.0 воды высокого качества
- 0.1 < EPI < 1.5 воды хорошего качества
- 1.5 < EPI < 2.0 воды удовлетворительно качества
- 2.0 < EPI < 2.5 слабо загрязненные воды
- 2.5 < EPI < 3.0 умеренно загрязненные воды
- 3.0 < EPI < 3.5 сильно загрязненные воды
- 3.5 < EPI < 4.0 очень сильно загрязненные воды.

По предположению Делль Уомо, индекс EPI коррелирует с составом водорослей-индикаторов галобности, а также с трофическим статусом водного объекта (см. табл. 1).

Таблица 1. Соответствие уровней сапробности, галобности и трофии классам качества воды по Делль Уомо (Dell'Uomo, 1995)

Уровень сапробности	Уровень галобности	Трофический уровень	Класс качества воды
Ксеносапробный	Галофобный	Гипотрофный	0
Олигосапробный	Олигогалобно-индифферентный	Олиготрофный	I
β -мезосапробный	Олигогалобно-индифферентный	Мезотрофный	II
α -мезосапробный	Олигогалобно-галофильный	Эвтрофный	III
Полисапробный	Галофильно-мезогалобный	Гипертрофный	IV

В качестве альтернативного метода мы использовали систему Т. Ватанабе (Watanabe et al., 1986). В ней виды-индикаторы разделены на три группы: сапроксены, обитатели чистых вод, эврисапробы, занимающие среднее положение, и полисапробы, предпочитающие воды, богатые органическими веществами.

После расчета индексов сапробности на станциях по реке вычислен интегральный индекс загрязнения реки (RPIs), который ранее был предложен для индексов сапробности DAIPo (Diatom ..., 1986). Для этого сумму площадей трапеций, основаниями которых служат значения индексов S на каждой из последовательно расположенных станций, а высотами - расстояния между соседними станциями по реке в километрах, делили на суммарную длину реки.

Классификация качества воды в р. Яркон была проведена на основе рассчитанных индексов сапробности и данных гидрохимии по классам качества вод, принятых в системах мониторинга России, стран СНГ и некоторых европейских странах (Романенко и др., 1990). По результатам классификации рассчитаны индексы состояния экосистемы (Баринаова, 2000), показывающие интенсивность процессов самоочищения на станциях реки.

Результаты и обсуждение

В 53 образцах планктона и перифитона, собранных на 14 станциях р. Яркон и 4 станциях на водоемах его водосборного бассейна, было определено 247 водорослей видового и внутривидового ранга из 5 отделов. В таксономическом плане значительно преобладали диатомовые, на втором месте были зеленые водоросли, синезеленых и эвгленовых было поровну и незначительно присутствовали золотистые (рис. 3).

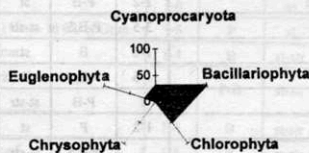


Рис. 3. Распределение видового состава водорослей р. Яркон по отделам.

Из 32 видов, известных из р. Яркон и его притока Кане (Царенко и др., 1996а, б; Масюк и др., 1999; Rayss, 1944, 1951; Komarovskiy, 1951; Vinogradova et al., 1996; Tsarenko et al., 1997; Hisoriev et al., 1999; Levanets in Nevo, Wasser, 2000), в наших пробах было найдено всего пять: 4 эвгленовых и один из синезеленых (отмечены звездочкой в табл. 2).

Из всего видового состава в мы выбрали виды-индикаторы (204 таксона, 82,6%) местообитания, температуры, текучести вод и их обогащенности кислородом, сапробности, галобности и acidификации (см. табл. 2). Следовательно, состав видов-индикаторов достаточно полно отражает приуроченность сообществ водорослей к местообитаниям р. Яркон. Для каждого направления построены распределения числа видов-индикаторов по экологическим группам, которые были соотнесены с изменениями соответствующих показателей среды.

Таблица 2. Водоросли-индикаторы природных условий в бассейне р. Яркон с указанием аутоэкологии видов и частот их встречаемости в комплексах

Taxon	Scor	Habit	Reo	T	D	S	Hal	pH
1	2	3	4	5	6	7	8	9
CYANOPROCARYOTA								
<i>Anabaena constricta</i> (Szaf.) Geitl.	1	P-B,S	-	-	-	p	-	-
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	4	P	-	-	-	β	hl	-
<i>Aphanocapsa grevillei</i> Hass.	2	B,S	-	temp	-	-	hb	acf
<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West	3-5	P	-	-	-	β	hl	-
<i>Aph. stagnina</i> (Spreng.) A. Br.	2	P-B	-	-	-	o	hl	ind
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kütz.) Näg.	1	P-B,S	-	-	-	o	hl	alf
<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thur.) Geitl. ex Kom.	2-4	B	-	-	-	-	hl	-
<i>Lyngbya aerugineo-coerulea</i> Gom.	6	P-B,S	st-str	-	-	-	-	-
<i>L. aestuarii</i> (Mert.) Leibm.	3	P-B,S	-	-	-	-	-	-
<i>L. limnetica</i> Lemm.	2	P-B,S	st-str	-	-	-	hl	-
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	1-2	P-B	-	-	-	β	hl	-
<i>Microcoleus chthonoplastes</i> Thur. ex Gom.	3	B,S	-	-	-	-	ph	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	3	P	-	-	-	β	hl	-
<i>M. ichthyoblabe</i> Kütz.	2	P	-	-	-	-	i	-
<i>M. wesenbergii</i> (Kom.) Kom.	2-4	P	-	-	-	o-β	-	-
<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom. f. <i>agardhii</i>	1-6	P-B	st	-	-	β	hl	-
<i>O. agardhii</i> var. <i>izothrix</i> Skuja	1-2	P-B	st	-	-	-	-	-
<i>O. amphibia</i> Ag. ex Gom.	3-5	P-B,S	st-str	-	-	β	hl	-
<i>O. amphigranulata</i> van Goor	1-6	B	st	-	-	-	mh	-
<i>O. brevis</i> Kütz. ex Gom.	1-6	P-B,S	st	-	-	α	-	-
<i>O. granulata</i> Gardner	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>O. guttulata</i> van Goor.	1-2	P	st	-	-	-	-	-
<i>O. princeps</i> Vauch. ex Gom.	2	P-B,S	st-str	-	-	α	-	-
<i>O. tenuis</i> Ag. ex Gom.	4-5	P-B	-	-	-	α	hl	-
<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom	1-6	B,S	st-str	-	-	β	-	-
<i>Ph. uncinatum</i> (Ag.) Gom.	1-6	P-B	-	-	-	α	i	-
<i>Planktolynbya regularis</i> Kom.-Legn. et Tavera	1-5	P	st	warm	-	-	-	-
<i>Pleurocapsa crepidinum</i> Collins	3-6	Ep	-	-	-	-	ph	-
<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Lauterborn	3	P	-	-	-	β	hb	-
<i>Schizothrix pulvinata</i> Kütz. ex Gom.	2	Ep	st-str	-	-	-	-	-
* <i>Spirulina major</i> Kütz. ex Gom.	1-6	P,S	st	-	-	-	-	-
CHRYSOPHYTA								
<i>Stylococcus aureus</i> Chod.	2	Ep	-	-	-	-	-	-
EUGLENOPHYTA								
<i>Colacium cyclopicola</i> (Gicklhorn) Bourr.	2-5	P	st	-	-	-	-	-
<i>Euglena acus</i> Ehrb.	1-4	P	st	etern	-	β	i	ind

продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Euglena deses</i> Ehrb.	1-5	P-B,S	st-str	-	-	p	mh	ind
<i>E. oxyuris</i> Schmarda f. <i>oxyuris</i>	1-4	P-B	st-str	-	-	α	mh	ind
<i>E. oxyuris</i> f. <i>skvortzovii</i> (Popova) Popova	1	P	st-str	-	-	-	-	acf
<i>E. spirogyra</i> Ehrb.	1-2	P-B	st-str	-	-	β	i	ind
<i>E. texta</i> (Duj.) Hübn.	1-2	P	st-str	eterm	-	β	-	ind
<i>E. viridis</i> Ehrb.	1-6	P-B,S	st-str	eterm	-	p	mh	ind
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (Carter) Lemm. emend. Conr.	4-5	P	st-str	eterm	-	β	i	ind
* <i>L. marssonii</i> Lemm. emend. Conr.	4	P	st	-	-	β	-	-
* <i>L. ovum</i> (Ehrb.) Lemm.	1-6	P	st	eterm	-	α	i	ind
* <i>Phacus alatus</i> Klebs.	3	P	st	-	-	-	i	ind
<i>Ph. brevicaudatus</i> (Klebs) Lemm.	1-3	P	st-str	eterm	-	-	hl	-
<i>Ph. curvicauda</i> Swir.	3-5	P-B	st	-	-	-	i	ind
* <i>Ph. longicauda</i> (Ehrb.) Duj. var. <i>longicauda</i>	1-4	P-B	st	-	-	α	i	ind
<i>Ph. longicauda</i> var. <i>insecta</i> Koczw.	4-5	P-B	st	-	-	α	i	ind
<i>Ph. longicauda</i> var. <i>tortus</i> Lemm.	1-3	P	st-str	-	-	-	i	-
<i>Ph. pleuronectens</i> (Ehrb.) Duj.	1-2	P-B	st-str	-	-	β	i	ind
<i>Ph. pyrum</i> (Ehrb.) Stein	1	P	st-str	eterm	-	β	i	ind
<i>Strombomonas planctonica</i> (Wolosz.) Popova	1	P	st-str	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas hispida</i> Delf.	1	P-B	st-str	eterm	-	β	i	-
BACILLARIOPHYTA								
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kütz.) Cl.	2	B	st	-	-	-	mh	-
<i>Ach. coarctata</i> (Bréb.) Grun.	1-6		ae	-	-	χ	-	-
<i>Achnanthes delicatula</i> (Kütz.) Grun. in Cl. et Grun.	3-6	P	st	-	es	-	hl	-
<i>Ach. exigua</i> Grun. in Cl. et Grun.	1-4	B	st-str	eterm	sp	β	i	alf
<i>Ach. lanceolata</i> (Bréb. in Kütz.) Grun. in Cl. et Grun.	1	P-B	st-str	warm	sx	o	i	alf
<i>Ach. minutissima</i> Kütz.	1-4	B	st-str	eterm	es	o	i	alf
<i>Ach. thermalis</i> (Rabenh.) Schonf.	1-4	B	st-str	warm	-	-	-	ind
<i>Amphora coffeaeformis</i> (Ag.) Kütz.	1-4	B	st-str	-	-	-	mh	
<i>A. ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	1-3	B	st-str	temp	sx	β	i	alf
<i>A. pediculus</i> (Kütz.) Grun. in Van Heurck	1-4	B	st	temp	es	α-β	i	alf
<i>A. veneta</i> Kütz.	1-3	B	-	-	es	α-p	i	alf
<i>Anomooneis vitrea</i> (Grun.) Ross	1	B	-	-	es	-	oh	alb
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrb.) Sim.	1-3	P-B	st-str	cool	es	β	i	alf
<i>A. italica</i> (Ehrb.) Sim.	1-2	P-B	st-str	cool	es	β	i	alf
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müll.) Hendey	2-6	P-B	-	-	es	α-β	mh	ind
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) Cl.	1-2	B	-	-	-	-	hl	alf
<i>C. bacillum</i> (Grun.) Cl.	1	B	-	temp	es	χ	i	alf
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrb.	1	P-B	st-str	temp	es	o	i	alf
<i>Craticula accommoda</i> (Hust.) D.G. Mann	1-6	P	-	-	sp	p	i	-
<i>C. cuspidata</i> (Kütz.) D.G. Mann	1-6	B	st	temp	es	-	i	alf

продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	1-4	P-B	st	temp	sp	α	hl	alf
<i>Cymatopleura solea</i> (Bréb.) W. Sm.	1-2	P-B	-	-	-	β''	i	alf
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrb. in Hempr. et Ehrb.) Kirchn. in Cohn	1	B	st-str	-	sx	β	i	alf
<i>C. gracilis</i> (Ehrb.) Kütz.	1	B	-	-	sx	-	hb	ind
<i>C. minuta</i> Hilse	1-3	P-B	-	-	es	-	-	ind
<i>C. tumida</i> (Bréb.) Van Heurck	1-4	B	-	temp	sx	o	i	alf
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.) Cl.	1-3	B	-	temp	sx	o	i	alf
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrb.) Ehrb.	1	P-B	st	-	-	-	mh	alf
<i>E. paludosa</i> (W. Sm.) Reim. var. <i>paludosa</i>	1	B	-	-	-	-	-	-
<i>E. paludosa</i> var. <i>subsalina</i> (Cl.) Krammer	4	B	-	-	-	-	hl	-
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kütz.) Stikle et Mann	1-4	B	-	-	es	α	mh	alf
<i>Fragilaria fasciculata</i> (C. Ag.) Lange-Bertalot	1	B	st	-	sx	-	hl	alf
<i>F. pulchella</i> (Ralfs ex Kütz.) Lange-Bertalot	1	-	-	-	-	-	hl	-
<i>F. ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	1-6	P-B	st-str	temp	es	β	i	ind
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thw.) De Toni	1	P-B	st	-	es	o	i	alf
<i>Gomphonema affine</i> Kütz.	1-3	P-B	st	-	es	-	-	-
<i>G. angustatum</i> (Kütz.) Rabenh.	3-4	P-B	st-str	-	es	o	i	alf
<i>G. angustum</i> Ag.	2	P-B	st-str	-	es	o	i	ind
<i>G. clavatum</i> Ehrb.	3	B	-	-	es	o	i	-
<i>Gomphonema exiguum</i> Kütz.	1	-	-	-	-	-	hl	-
<i>G. gracile</i> Ehrb.	1-3	P-B	st	temp	es	o- β	i	alf
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	1-6	B	str	temp	es	β	i	ind
<i>G. truncatum</i> Ehrb.	1-3	P-B	-	-	es	β - α	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	1-2	B	-	cool	-	β	i	alf
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrb.) Grun. in Cl. et Grun.	1	B	-	temp	es	-	i	ind
<i>H. distinctepunctata</i> Hust. in A. Schmidt et al.	1	B	-	-	-	-	i	-
<i>H. virgata</i> (Roper) Grun. in Cl. et Grun.	1	B	-	-	-	-	mh	-
<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) D.G. Mann	1-3	B	-	-	-	o	i	ind
<i>L. goeppertiana</i> (Bleisch) D.G. Mann	1	B	-	-	sp	χ -o	i	ind
<i>L. mutica</i> (Kütz.) Mann	1	P-B,S	-	-	-	α - β	hl	alf
<i>L. muticopsis</i> (V. H.) G.S. Mann	2	B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Melosira varians</i> Ag.	1-6	P-B	st-str	temp	es	β	hl	alf
<i>Navicula angusta</i> Grun.	1	B	-	-	sx	-	hl	acf
<i>N. erifuga</i> Lange-Bertalot	1-6	B	-	-	es	χ -o	-	-
<i>N. gregaria</i> Donk.	1-6	B	-	-	es	β	mh	alf
<i>N. ignota</i> Krasske	1	B	-	-	es	-	-	-
<i>N. menisculus</i> Schum.	1-4	B	-	-	es	α	i	alf
<i>N. pseudonivalis</i> Bock	1	B	ac	-	-	-	-	-
<i>N. schroeteri</i> Meister	6	B	-	-	-	-	i	alf
<i>N. veneta</i> Kütz.	1-5	B	-	-	es	α - β	-	-
<i>N. viridula</i> (Kütz.) Ehrb.	2-3	B	-	-	es	α	hl	alf

продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.	1-6	P-B	-	temp	es	α	i	alf
<i>N. amphibia</i> Grun.	1-6	P-B,S	-	temp	sp	β - α	i	alf
<i>N. capitellata</i> Hust. in A. Schmidt	1-6	B	-	-	es	o-p	i	alf
<i>N. clausii</i> Hantzsch	1-6	B	-	-	es	o- α	mh	acf
<i>N. compressa</i> var. <i>balatonis</i> (Grun.) Lange-Bertalot	1-3	B	-	-	-	-	hl	-
<i>N. dippelii</i> Grun. in Mojsis. et Neumayr	1	B	-	-	-	-	hl	-
<i>N. dubia</i> W. Sm.	1-2	P-B	-	-	-	-	mh	-
<i>N. fasciculata</i> Grun.	5	-	-	-	-	-	mh	-
<i>N. filiformis</i> (W. Sm.) Van Heurck var. <i>filiformis</i>	1-4	B	-	-	es	α - β	hl	-
<i>N. filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richt.) Lange-Bertalot	1	B	-	-	es	α - β	-	-
<i>N. fonticola</i> Grun.	1-4	B	-	-	-	o- β	oh	alf
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grun.	1-6	B	-	temp	sp	β	hl	alf
<i>N. linearis</i> (C. Ag.) W. Sm.	1-6	B	-	temp	es	β	i	alf
<i>N. littoralis</i> Grun.	1	-	-	-	es	-	hl	-
<i>N. macilentia</i> Greg.	1	-	-	-	-	-	hl	-
<i>Nitzschia microcephala</i> Grun. in Cl. et Moller	1-5	B	-	-	sx	β	hl	acf
<i>N. obtusa</i> W. Sm.	1-3	B	-	-	es	β	mh	-
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm.	1-6	P-B	-	temp	sp	β - α	i	ind
<i>N. reversa</i> W. Sm.	1	P	-	-	-	-	hl	-
<i>N. scalpelliformis</i> (Grun.) Grun. in Cl. et Grun.	1-3	B	-	-	sp	-	hl	-
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W. Sm.	1-5	B	-	temp	es	-	mh	ind
<i>N. solita</i> Hust.	1-4	B	st	-	es	α - β	mh	alf
<i>N. umbonata</i> (Ehrb.) Lange-Bertalot	2-3	P	st-str	-	es	α - β	-	-
<i>N. vermicularis</i> (Kütz.) Hantzsch in Rabenh.	1-6	B	-	-	-	β	i	alf
<i>N. vitrea</i> Norm.	1-2	B	-	-	-	-	mh	alf
<i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerst.) Cl.	1	B	st	-	-	χ	i	ind
<i>Pleurosigma salinarum</i> Grun. in Cl. et Grun.	1-5	B	-	-	-	-	mh	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Ag.) Lange-Bertalot	2	P-B	-	-	es	β	i	alf
<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mereschkowsky		B	st	eterm	es	α	hl	ind
<i>S. stroemii</i> Hust.	2	B	-	eterm	es	o	oh	alf
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrb.	1	P-B	-	-	sx	β	i	ind
<i>S. smithii</i> Grun.	1	P-B	st-str	-	-	-	i	alf
<i>Staurosira pinnata</i> Ehrb.	1	B	st-str	temp	es	o	hl	alf
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun. in Cl. et Grun.	1	P	st	temp	es	α	i	alf
<i>Surtrella angusta</i> Kütz.	1-4	P-B	st-str	-	es	α	i	alf
<i>S. ovalis</i> Bréb.	1-6	P-B	-	-	es	o	mh	alf
<i>Synedra vaucheriae</i> var. <i>capitellata</i> (Grun.) Cl.	1	B	st-str	-	-	α	-	-
<i>Tryblionella gracilis</i> W. Sm.	1-5	B	-	-	-	α	hl	alf
<i>T. hungarica</i> (Grun.) D.G. Mann	1	P-B	-	-	sp	α	mh	alf

продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
CHLOROPHYTA								
<i>Botryococcus braunii</i> Kütz.	1-4	P-B	st	-	-	β	i	ind
<i>Characium ornithocephalum</i> A. Br.	1	Ep	-	-	-	-	i	-
<i>Chlorangium minus</i> (Korsch.) Ettl	1-3	Ep	st	-	-	-	-	-
<i>Chlorhormidium subtile</i> (Kütz.) Starmach	2	B	-	-	-	-	-	-
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	2-6	P-B	st-str	-	-	β	i	alf
<i>Cladophora</i> sp.	1-5	B	-	-	-	β	-	-
<i>Closterium acerosum</i> (Schrank) Ehrb. ex Ralfs	1	P-B	st-str	-	-	α	i	ind
<i>Coelastrum astroideum</i> De-Not.	1	P	st-str	-	-	-	-	-
<i>C. microporum</i> Näg. in A. Br.	1	P-B	st-str	-	-	β	i	ind
<i>Coenococcus planctonicus</i> Korsch.	1-2	P	st	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.	1	P-B	-	-	-	-	hb	acf
<i>Cosmoastrum brebissonii</i> (Arch.) Pal.-Mordv.	1	P-B	st-str	-	-	-	-	acf
<i>Crucigeniella irregularis</i> (Wille) Tsarenko et D.M. John	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Desmodesmus armatus</i> (R. Chod.) Hegew. var. <i>armatus</i>	1-2	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>D. armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Roll) Hegew.	1-2	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>D. brasiliensis</i> (Bohlin) Hegew.	1	P-B	st-str	-	-	β	-	-
<i>D. communis</i> (Hegew.) Hegew.	1-2	P-B	st-str	-	-	-	i	ind
<i>D. costato-granulatus</i> (Skuja) Hegew.	2	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>D. intermedius</i> (R. Chod.) Hegew.	1	P-B	st-str	-	-	β	-	-
<i>D. maximus</i> (W. et G.S. West) Hegew.	1	P-B	st	-	-	-	-	-
<i>D. protuberans</i> (Fritsch et Rich) Hegew.	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>D. spinosus</i> (K. Biswas) Hegew.	1	P-B	st-str	-	-	o-β	-	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	1-4	P	-	-	-	-	i	ind
<i>Eudorina elegans</i> Ehrb.	1-6	P	st-str	-	-	α	i	-
<i>Golenkinia radiata</i> Chod.	1	P-B	st-str	-	-	β	i	-
<i>Micractinium pusillum</i> Fres.	1-6	P-B	st-str	-	-	β	-	-
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn. in Fott	1-6	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>M. irregulare</i> (G.M. Smith) Kom.-Legn.	4	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Mougeotia</i> sp.	1	B	-	-	-	o	-	-
<i>Nephrochlamys willeana</i> (Printz) Korsch.	1	P	st	-	-	-	-	-
<i>Oedogonium</i> sp.	1-6	B	-	-	-	-	-	-
<i>Oocystis submarina</i> Lagerh.	1	P-B	st	-	-	-	i	-
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müll.) Bory	1-2	P	st	-	-	β	i	-
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.	1-2	P-B	st-str	-	-	β	i	ind
<i>P. duplex</i> Meyen	1-6	P	st-str	-	-	β	i	ind
<i>P. simplex</i> Meyen	2	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Raphidocelis contorta</i> (Schmidle) Marvan et al.	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-

окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Raphidocelis sigmaidea</i> Hind.	1-2	P	st-str	-	-	-	-	-
<i>R. subcapitata</i> (Korsch.) Nygget. et al.	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (Agardh) Kütz.	4-6	B	st-str	-	-	-	hl	-
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.	1-3	P-B	st-str	-	-	β	i	ind
<i>S. acutus</i> Meyen	4	P-B	st-str	-	-	o-β	i	-
<i>S. obtusus</i> Meyen	1-2	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Schroederia setigera</i> (Schrod.) Lemm.	1	P	st-str	-	-	β	i	-
<i>Spirogyra</i> sp.	1-6	B	-	-	-	-	-	-
<i>Stigeoclonium tenue</i> (Ag.) Kütz. emend. Cox et Bold	1-5	B	st-str	-	-	α	-	-
<i>Stylosphaeridium epiphyticum</i> (Korsch.) Korsch.	3	Ep	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron minimum</i> var. <i>scrobiculatum</i> Lagerh.	1	P-B	st-str	-	-	-	-	-
<i>Tetrastrum elegans</i> Playf.	1	P	st-str	-	-	-	i	-
<i>Uronema confervicolum</i> Lagerh.	1-3	B	st-str	-	-	-	-	-

П р и м е ч а н и е. Scor – балл частоты встречаемости по шкале Вислоуха (Кордз, 1956); Habit – приуроченность к местообитанию (P – планктонный, B – бентосный, P-B – планктонно-бентосный, S – почвенный, Ep – эпibiонт); Reo – отношение к текучести вод и кислородному режиму (st – стоячие воды; st-str – малоподвижные воды; str – текущие воды, ae – аэрофил); T – отношение к температурным условиям (cool – холодно-водный; term – эвритермный; temp – умеренный; warm – тепловодный); D – категория сапробиости по Ватанабе (Watanabe, et al., 1986) (sx – сапроксен; es – эврисапроб; sp – сапрофил); S – категория сапробиости по Пантле-Буку (Pantle, Buck, 1955) (χ – ксеносапробионт, χ-о – ксено-олигосапробионт, о – олигосапробионт, o-β – олиго-β-мезосапробионт, o-α – олиго-α-мезосапробионт, β – β-мезосапробионт, β-α – β-α-мезосапробионт, α-β – α-β-мезосапробионт, α – α-мезосапробионт, α-р – α-полисапробионт, o-р – олиго-полисапробионт, р – полисапробионт); Hal – категория галоности (hb – галофоб, oh – недифференцированный олигогалоф, i – олигогалоф-индифферент, mh – мезогалоф, hl – галофил, ph – полигалоф); pH – категория pH (alf – алкалофил, alb – алкалобионт, ind – индифферент, acf – ацидофил); * – вид встречен ранее в бассейне р. Яркон.

Изменения физико-химических показателей по станциям в течение всего периода исследований показано на рис. 4. Значения pH воды (рис. 4) р. Яркон в течение всего периода исследований колебался от 7,1 в верхней части реки до 8,3 в средней и нижней. Температурные условия (см. рис. 4, б) как в летний, так и в зимний периоды были не ниже 15 °С или выше 22 °С, что свидетельствует об умеренном интервале круглый год. Амплитуда колебания электропроводности воды, отражающей общий ионный состав, была значительной (см. рис. 4, в), поскольку река подвержена воздействию морских вод в устьевой части. На гистограмме (см. рис. 4, в) видно, что в самом истоке, на ст. 28, вода слабуминерализована, затем на большем протяжении реки, до плотины Парка Яркон в Тель-Авиве, показатель довольно стабилен и колеблется от 900 до 1200 мСм/см.

Нижняя часть реки подвержена морским приливам, здесь воды соленые или солоноватые, в зимний дождливый сезон менее, а в остальное время года более минерализованные до 10,5 См/см. Таким образом, воды р. Яркон круглогодично щелочные, пресные в верхней и средней, солоноватые в нижней части бассейна и имеют умеренный температурный режим. Это отражает региональную норму, поскольку река протекает по карбонатным породам (Meysbeck, Helmer, 1989) и

впадает в море. На основе физико-химических показателей воды р. Яркон можно разделить на 4 части – исток (ст. 28), верхнее течение (ст. 20-27), среднее течение, после притока Кане (ст. 5-19), нижнее течение, после плотины Парка Яркон в Тель-Авиве (ст. 1-4).

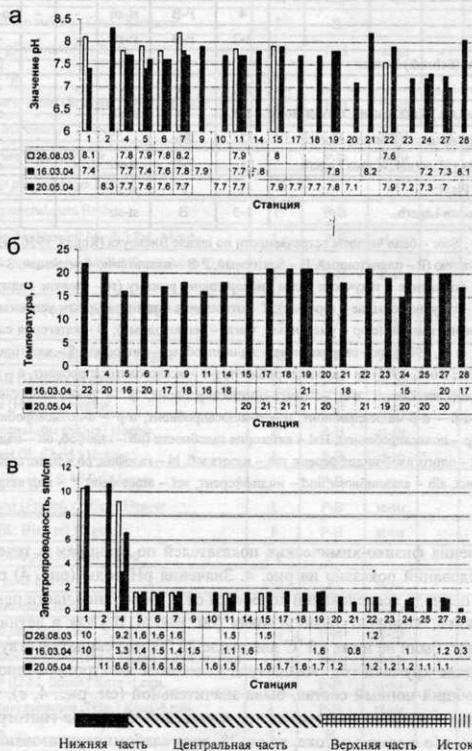


Рис. 4. Гидрохимические показатели воды р. Яркон в 2003-2004 гг. по станциям отбора проб.

Биоиндикационный анализ показывает, что водоросли р. Яркон освоили все возможные водные местообитания, планктон, бентос (в широком смысле), а также поверхности растений и животных. На гистограмме распределения числа

видов-индикаторов типа местообитания (рис. 5, а) экологические группы расположены справа налево по степени усиления связанности с субстратом. Среди 195 индикаторов, составляющих 79% всего видового состава, преобладают бентосные и планктонно-бентосные группы видов. Вершина линии тренда слегка смещена в сторону бентосной группы, что свидетельствует о благоприятной среде для развития обрастателей. Среди наиболее хорошо развивающихся видов, формирующих лицо сообществ, можно отметить *Lyngbya aerugineo-coerulea* (Cyanoprocarvota), ряд видов *Oscillatoria* и *Phormidium* (Cyanoprocarvota), *Euglena deses* (Euglenophyta), *Gomphonema parvulum* (Bacillariophyta), ряд видов рода *Nitzschia* (Bacillariophyta), *Cladophora glomerata*, *Micractinium pusillum* (Chlorophyta).

В отношении текучести вод и их насыщенности кислородом водоросли р. Яркон представлены 112 видами (45%). Индикаторы разделились на 4 группы. На гистограмме (см. рис. 5, б) экологические группы расположены по степени приуроченности к быстроте течения и насыщенности воды кислородом.

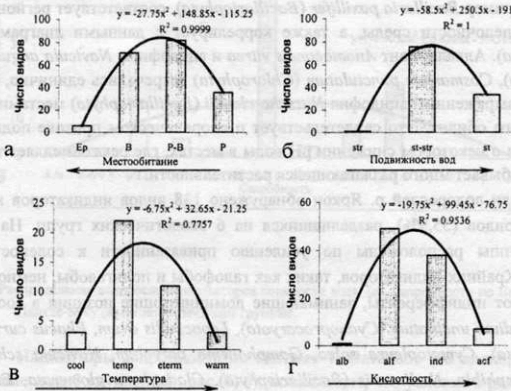


Рис. 5. Распределение водорослей-индикаторов местообитания (а), подвижности вод и обогащенности их кислородом (б), температуры (в), отношения к pH воды (г) по экологическим группам.

Выражено преобладание группы видов, обитающих в медленно текущих водах: *Lyngbya limnetica* (Cyanoprocarvota), виды родов *Euglena* и *Phacus* (Euglenophyta), *Gomphonema angustatum*, *Melosira varians* (Bacillariophyta), *Cladophora glomerata*, *Pediastrum duplex* (Chlorophyta). Отмечено несколько аэрофилов: *Achnanthes coarctata* (Bacillariophyta) и водорослей, живущих в сильных потоках: *Gomphonema parvulum* (Bacillariophyta). На втором месте группа видов, предпочитающих стоячие воды – *Oscillatoria agardhii*, *O. amphigranulata*, *Planktolingbya regularis*, *Spirulina major* (Cyanoprocarvota), *Euglena acus*, *Lepocinclis ovum* (Euglenophyta), *Achnanthes delicatula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Sellaphora pupula* (Bac-

lariophyta), *Botryococcus braunii* (Chlorophyta). Вершина линии тренда смещена в сторону группы индикаторов стоячих вод.

Индикаторы температурных условий (39 видов, 15,7%) относятся к 4 группам (рис 5, в). Гистограмма, построенная в соответствии с направлением усиления приуроченности групп к повышенным температурам, показывает преобладание умеренных видов, таких как *Cymbella tumida*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Melosira varians*, *Nitzschia acicularis* (Bacillariophyta), которым сопутствуют эвритермы *Achnanthes minutissima* (Bacillariophyta), *Euglena texta*, *E. viridis* (Euglenophyta). Отмечено несколько видов, предпочитающих прохладные (*Aulacoseira italica*, Bacillariophyta) или теплые (*Planktolingbya regularis*, *Cyanoprocarvota*) воды, но они, кроме последнего, не достигали высоких оценок обилия. Линия тренда указывает на преобладание умеренных видов, что хорошо согласуется с данными о круглогодичных температурах воды в р. Яркон (см. рис. 4, б).

Индикаторы концентрации протонов в водах р. Яркон (95 видов, 38,5%) разделились на 4 группы (см. рис 5, г), расположенные на гистограмме по степени усиления привязанности к кислотности вод. Выраженное преобладание алкалифилов, таких как *Navicula stroemii* (Bacillariophyta), и сопутствующих им индифферентов, например *Bacillaria paxillifer* (Bacillariophyta), соответствует региональной норме по щелочности среды, а также коррелирует с данными диаграммы pH (см. рис. 4, а). Алкалибионт *Anomoeoneis vitrea* и ацидофилы *Navicula angusta* (Bacillariophyta), *Cosmarium punctulatum* (Chlorophyta) встречались единично, и только не ярко выраженный ацидофил *Nitzscha clausii* (Bacillariophyta) местами достигал заметного обилия. Это свидетельствует о спорадическом притоке подкисленных вод или о некотором снижении pH воды в местах, где река замедляет течение и в воде пребывает много разлагающейся растительности.

Среди водорослей р. Яркон обнаружено 138 видов индикаторов концентрации хлоридов (55,9%), разделившихся на 6 экологических групп. На гистограмме группы расположены по усилению привязанности к солености вод (рис. 6, а). Крайних индикаторов, таких как галофобы и полигалофы, немного. Яркого выступают индифференты, занимающие доминирующие позиции в сообществах: *Phormidium uncinatum* (Cyanoprocarvota), *Lepocinclis ovum*, *Phacus curvicauda* (Euglenophyta), *Cymatopleura solea*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula schroeteri*, *Nitzschia amphibia*, *N. linearis* (Bacillariophyta), *Cladophora glomerata*, *Eudorina elegans* (Chlorophyta). Галофилы *Oscillatoria amphibia*, *O. tenuis* (Cyanoprocarvota), *Achnanthes delicatula*, *Melosira varians*, *Nitzschia frustulum* (Bacillariophyta), *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Chlorophyta) обильно развивались на всем протяжении реки.

Из мезогалобов в доминанты входили *Oscillatoria amphigranulata* (Cyanoprocarvota), *Euglena deses*, *E. viridis* (Euglenophyta), *Bacillaria paxillifer*, *Nitzscha clausii*, *N. sigma*, *Surirella ovalis* (Bacillariophyta). Это, а также присутствие видов-полигалобов *Microcoleus chthonoplastes* и *Gloeocapsopsis crepidinum* (Cyanoprocarvota) свидетельствует о явном влиянии морских вод на сообщества водорослей реки, что подтверждается измерениями электропроводности воды (см. рис. 4, в).

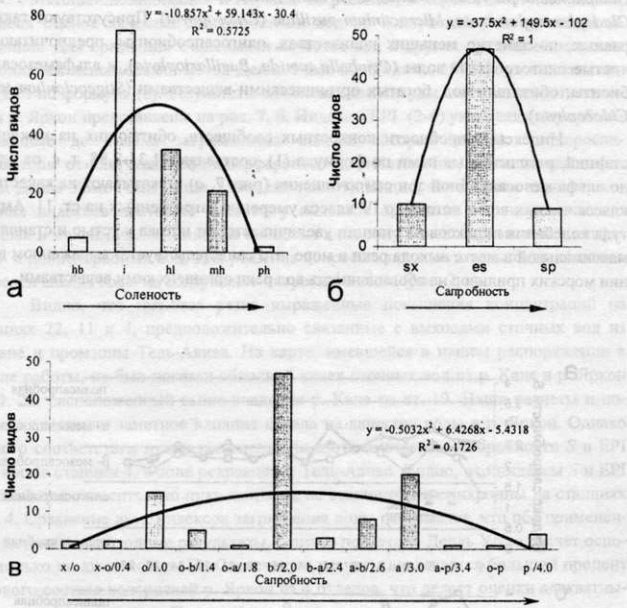


Рис. 6. Распределение водорослей-индикаторов солености воды (а), сапробности по Ватанабе (б) и по Пантле-Буку (в) по экологическим группам.

Индикаторы сапробности по системе Т. Ватанабе (66 видов, 26,7%), разделившиеся на 3 группы (см. рис. 6, б), показывают, что условия в реке средние по насыщенности органическими веществами, доступными для питания водорослей. Линия тренда указывает на это, соответствуя своей вершиной максимальной группе эврисапробов. Это доминанты *Achnanthes delicatula*, *Bacillaria paxillifer*, *Fragilaria ulna* (*Bacillariophyta*) и др.

Аналогичные результаты получены по индикаторам сапробности на основе метода Пантле-Бука (Pantle, Buck, 1955). Все индикаторы (109 таксонов, 44,1%) распределены между 12 экологическими группами. На гистограмме (см. рис. 6, в) группы расположены слева направо по степени усиления привязанности к насыщенным органикой водам и, соответственно, трофности. Видно, что ниже линии тренда расположены переходные группы, но это отражает положение в системе в целом, где видов с переходными индексами меньше. Выражено преобладание группы видов β -мезосапробионтов, обитающих в водах, средне насыщенных органикой: *Aphanothece clathrata*, *Phormidium autumnale* (*Cyanoprocaroyota*),

Gomphonema parvulum, *Melosira varians*, *Nitzschia vermicularis* (Bacillariophyta), *Cladophora glomerata*, *Micractinium pusillum* (Chlorophyta). Присутствуют также в равных, но заметно меньших количествах, олигосапробионты, предпочитающие чистые олиготрофные воды (*Cymbella tumida*, Bacillariophyta), и альфамезосапробионты, обитатели вод, богатых органическими веществами (*Stigeoclonium tenue*, Chlorophyta).

Индексы сапробности конкретных сообществ, обитающих на каждой из станций, рассчитанные нами по формуле (1), составляют 1,31-2,88, т. е. от олигодо альфа-мезосапробной зон самоочищения (рис. 7, а) и указывают на качество II класса чистых вод в истоке до IV класса умеренно загрязненных на ст. 11. Амплитуда колебания индексов на станции увеличивается от истока к устью и становится максимальной в месте выхода реки в море, что свидетельствует о выраженном влиянии морских приливов на обогащенность вод реки органическими веществами.

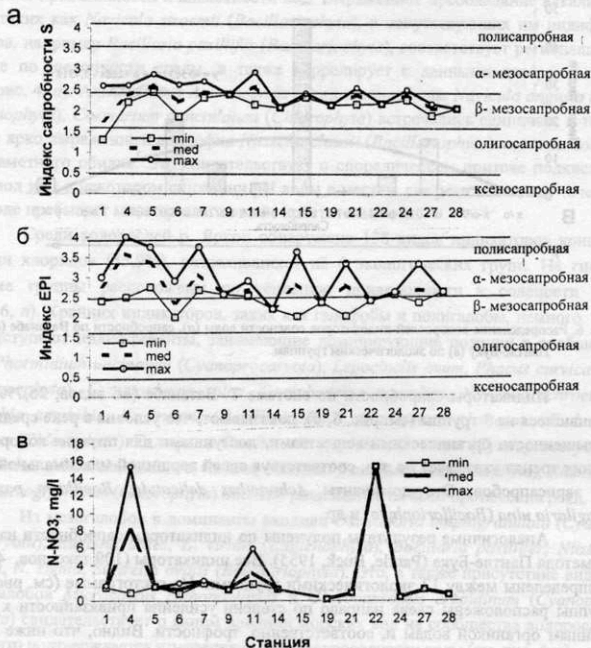


Рис. 7. Динамика индексов сапробности S, индексов EPI и концентрации нитратного азота по станциям р. Яркон.

Методы биоиндикации в Израиле не развиты, и первый опыт биоиндикационных оценок качества поверхностных вод по водорослям был проведен на р. Кишон. Для сравнения с оценками качества вод в других средиземноморских регионах мы использовали метод Делль Уомо (Dell'Uomo, 1995) и рассчитали индекс EPI по формуле (2). Результаты изменения амплитуды этого индекса по станциям р. Яркон представлены на рис. 7, б. Индексы EPI (2-4) указывали на слабозагрязненные до сильно загрязненных вод, в которых обитают водоросли-индикаторы от олигогалобов-индифферентов до мезогалобов, согласно классификации Делль Уомо (Dell'Uomo, 1995; см. табл. 1). Видно, что в целом характер колебания индексов повторяет таковой у индексов S , однако амплитуда заметно большая и максимальные индексы смещены в сторону более загрязненных, альфа-мезо- и полисапробных вод. Для решения вопроса о предпочтительности индексов проведен анализ воды на содержание нитратного азота (рис. 7, в).

Видно, что имеются резко выраженные повышения концентраций на станциях 22, 11 и 4, предположительно связанные с выходами сточных вод из р. Кане и промзоны Тель-Авива. На карте, имевшейся в нашем распоряжении в начале работы, не был показан обводной канал сточных вод из р. Кане в р. Яркон на ст. 22, расположенный выше впадения р. Кане на ст. 19. Наши расчеты и построения выявили заметное влияние канала на качество воды в р. Яркон. Однако точного соответствия пиков концентрации азота и индексов сапробности S и EPI нет, кроме станции 4, в зоне рекреации в Тель-Авиве. Видно, что индексы S и EPI запаздывают относительно пика нитратов на станции 22 и синхронны на станциях 11 и 4. Сравнение двух индексов загрязнения воды показывает, что оба примененных метода дают сходные результаты. Однако по методу Делль Уомо расчет основан только на диатомовых. По Сладечку в расчеты вовлекается больший процент видового состава водорослей р. Яркон из 4 отделов, что делает оценки адекватными, следовательно, метод Пантле-Бука предпочтителен.

Мы попытались выяснить причину запаздывания реакции сообщества на нитраты. Известно, что нитраты составляют основу трофической базы для фотосинтетиков (Sladeček, 1973). Если нет лимитирования по фосфору, то водоросли обычно могут потребить все имеющиеся нитраты в нормальных условиях, то есть без токсического подавления процесса фотосинтеза. Токсическое воздействие пробы воды на организмы, изучаемое в лабораторных условиях, носит название биотеста, в противоположность этому при биоиндикации организмы и вода находятся в природных условиях (Dokulil, 2003). В последнем случае экотоксический эффект проявляется в изменении структуры сообщества, на чем основаны сделанные нами вычисления индексов S и EPI. Произрастающая в среде, загрязняемой тяжелыми металлами, водоросли, такие как *Cladophora*, усиливают их абсорбцию почти в 10 раз при щелочных значениях pH 7,5-8,5 (Dokulil, 2003), которые мы наблюдаем в водах р. Яркон. Последствия токсического воздействия на сообщество в природе можно видеть не только в снижении разнообразия и обилия водорослей, но и в появлении жгутиковых форм, которые наряду с некоторыми видами диатомовых, таких как *Nitzschia palea*, способны к гереротрофному питанию. Именно этот эффект в той или иной степени выражен на протяжении всего русла р. Яркон. Попытки провести корреляционный анализ между большим количеством гидрохимических показателей (Gurbuz, Kivrak, 2002) позволяют выделить из них только группы. Сравнить же средовые показатели с биотическими при таком подходе не

удается. Мы выделили нитраты как основной показатель фотосинтетического потребления организмами (водорослями, на первом трофическом уровне) средовых элементов. При токсическом подавлении фотосинтеза нитраты остаются не потребленными, а водоросли замедляют свое развитие. На этом основаны наши рассуждения. То есть, в том случае, если воды реки по нитратному азоту классифицируются (по Романенко и др., 1990) как загрязненные, а индекс сапробности показывает более высокий ранг качества и если сообщества обогащаются жгутиковыми формами, можно предположить экотоксическое воздействие на организмы. Мы попытались формализовать подход. В системе классификации (Романенко и др., 1990) качество вод разделяется наиболее дробно – на 9 рангов. Для вычисления индекса состояния водной экосистемы (ИСЭ = Water Ecosystem Sustainable Index, WESI) мы использовали формулу:

$$WESI = \text{Rang } S / \text{Rang } N\text{-NO}_3 \quad (3),$$

где WESI – Water Ecosystem Sustainable Index, индекс загрязнения реки; Rang S – ранг качества воды по индексам сапробности Сладечка S; Rang N-NO₃ – ранг качества воды по нитратному азоту.

Если индекс WESI равен или более 1, нитраты полностью включены в трофическую пирамиду. В случае когда WESI менее 1, можно предполагать токсическое, подавляющее, воздействие на процесс фотосинтеза водорослей.

Расчеты для каждой станции показывают (рис. 8), что индекс WESI в 2003 г. (летний маловодный сезон) на станциях 22, 11 и 4, где наблюдались повышенные концентрации нитратов, был ниже 1. Следовательно, на этих станциях предпредполагается токсическое воздействие на водоросли. Эффект воздействия на ст. 11 виден и на ст. 7, где индекс WESI немного увеличивается, а затем на ст. 6 становится выше 1. Значит проходит процесс самоочищения и снижается токсичность вод. Тот же процесс происходит от ст. 4 к ст. 1 в устье. В течение зимнего дождливого периода (2004 г.) состояние экосистемы р. Яркон по индексам WESI было значительно лучше и самоочищение проходило достаточно активно на всем протяжении русла, исключая ст. 1. Интересно, что в устье процессы самоочищения зимой и летом имеют противоположную направленность.

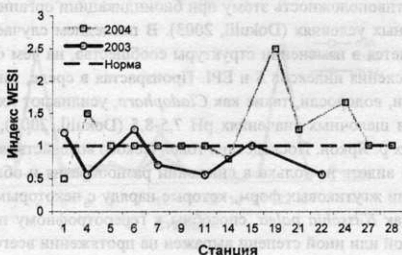


Рис. 8. Динамика значений индекса состояния экосистемы (WESI) по станциям р. Яркон в 2003-2004 гг.

Из построений можно заключить, что эффект токсического воздействия на сообщества водорослей возникает спорадически на всем протяжении реки. Он связан с притоком сточных вод из канала р. Кане, р. Шила и промзоны Тель-Авива, более выражен летом в маловодный жаркий период. Однако процесс самоочищения проходит достаточно активно на всех станциях, кроме устья, в летний период.

Для более полного представления о состоянии р. Яркон и ее сообществ проведены интегральные расчеты индексов загрязнения реки RPI (River Pollution Index) по М. Сумита на основе карты качества воды (Sumita, 1986). Впервые RPI_{id} по индексам сапробности водорослевых сообществ DA_{pro} был рассчитан для рек Японии, затем его опробовали на реках Дальнего Востока России (Баринава, Медведева, 1986). Предложено расширить метод М. Сумита (Баринава, 2000), то есть проведены такие оценки на реках Азии и Европы не только по индексам DA_{pro}, но и по индексам S (Баринава и др., 2002; Баринава, Анисимова, 2003). В настоящей работе мы предлагаем интегральные расчеты распространить на гидрохимические показатели воды таким образом, чтобы получилась более полная интегральная картина качества воды в р. Яркон.

В табл. 3 представлены результаты расчетов RPI по данным pH, электропроводности, нитратного азота и индекса сапробности S. Видно, что интегральные индексы отличаются стабильностью, как и предполагал М. Сумита. Заметны колебания только у индексов по нитратному азоту, что является следствием спорадического притока в русло реки загрязнений антропогенного происхождения. Даже нестабильные нитратные индексы свидетельствуют о большем воздействии в летний сухой сезон, чем дождливой зимой. Таким образом, по интегральным индексам воды р. Яркон щелочные с pH около 7,8, среднеминерализованные, бета-мезосапробные с периодическим притоком нитратов и токсикантов. RPI могут служить паспортными величинами для р. Яркон. Их расчет не сложен и может быть предложен как мониторинговый для каждой конкретной реки.

Таблица 3. Индексы загрязнения реки (RPI) на основе гидрохимических показателей и индексов сапробности р. Яркон в 2003-2004 гг.

Дата	RPI-pH	RPI-электропроводность	RPI-N-NO ₃	RPI _s
26.08.03	7,87	2,79	8,52	2,31
16.03.04	7,73	2,08	1,18	2,35
20.05.04	7,71	2,34	-	-

Заключение

В течение 2003-2004 гг. изучено разнообразие водорослей на 14 станциях р. Яркон, расположенной на побережье центральной части Израиля в наиболее населенной и промышленной зоне. В целях биоиндикационной оценки среды обитания водорослей в р. Яркон выделены виды-индикаторы на тип местообитания, температурные условия, текучесть вод и обогащенность их кислородом, засоление, закисление и органическое загрязнение. Наряду с анализом распределения числа видов-индикаторов по экологическим группам проведен анализ трендов в этих распределениях, которые выявили наиболее преуспевающие группы водорослей и указали, таким образом, на преобладающие условия среды.

В результате наших исследований в планктоне и обрастаниях р. Яркон выявлено 247 видов водорослей из 5 отделов, среди которых преобладают диатомовые. Многие обнаруженные виды являются индикаторами экологических условий в р. Яркон – 204 (82,6%). Это в основном коккоидные, монадные или нитчатые водоросли, обитающие на субстратах и в водной толще. Они предпочитают слабо-текущие воды с умеренной температурой. Среди индикаторов засоления преобладают индифференты и галофилы. Индикаторы рН не выявили влияния ацидификации, преобладает группа алкалифилов как по абсолютному числу таксонов, так и по их обилию, что коррелирует с круглогодичным щелочным рН в реке, соответствующим региональной норме, поскольку подстилающими породами служат карбонаты.

Индикаторы сапробности по Ватанабе показывают умеренный уровень загрязнения р. Яркон. Рассчитанные индексы сапробности S по Сладечку изменяются по станциям от 1,31 до 2,88, что соответствует II-IV классам качества вод (от чистых до умеренно загрязненных). Это значит, что способность к самоочищению в р. Яркон достаточно развита и соответствует олиго- до альфа-мезосапробной зонам самоочищения. Амплитуда колебания индексов наибольшая в устье, что свидетельствует о выраженном влиянии морских вод. Индексы загрязнения EPI по Делль Уомо показывают более высокий уровень органического загрязнения по сравнению с индексами S . Изменяясь от 2 до 4, они указывают на слабо загрязненные до сильно загрязненных воды II-III класса, в которых обитают водоросли-индикаторы от олигогалобов-индифферентов до мезогалобов, что соответствует нашим биоиндикационным оценкам солености р. Яркон. Сравнение результатов обоих методов показывает, что оба метода с некоторым запозданием выявляют загрязнения, поступающие из канала р. Кане, р. Кане, промзоны Петах-Тиква и рекреационной зоны Тель-Авива. Однако индексы Сладечка предпочтительнее, поскольку основаны на большем числе видов из различных отделов, а не только диатомовых. Биоиндикационные методы позволили выявить сточный канал р. Кане и его влияние на сообщество водорослей в р. Яркон, а также выделить еще одну часть русла – исток (см. рис. 4).

Расчеты предложенного индекса состояния экосистемы WESI показывают, что в летний маловодный сезон он был ниже 1 на загрязняемых станциях. Следовательно, на этих станциях предполагается токсическое воздействие на водоросли. Последующее повышение индекса свидетельствует о процессе самоочищения и снижении токсичности вод. В течение зимнего дождливого периода состояние экосистемы р. Яркон по индексам WESI было значительно лучше и самоочищение проходило более активно. В устье процессы самоочищения зимой и летом имеют противоположную направленность.

Карты качества воды, построенные по методике М. Сумита, а также рассчитанные на их основе индексы загрязнения реки по сапробности RPIs, электропроводности RPIe, нитратному азоту RPI_N и RPI_{pH}, являются паспортными величинами. Они показывают, что воды р. Яркон щелочные, средней минерализации со спорадическим притоком нитратов в течение года соответствуют III классу качества вод и β-мезосапробной зоне самоочищения. Индексы RPI можно отслеживать в целях мониторинга изменения окружающей среды.

Изучение водорослевых комплексов на примере модельной р. Яркон позволило не только обогатить сведения о флоре водорослей водных объектов при-

брежной зоны Израйля, но и выявить влияние загрязнений на водные экосистемы реки. Анализ показывает, что состав видов-индикаторов соответствует наблюдаемым условиям, а воды р. Яркон на основе распределения числа видов в экологических группах можно охарактеризовать как пресные, среднеминерализованные или солоноватые, умеренные по температуре, слаботекущие, щелочные, со средним уровнем насыщенности органикой, которые позволяют водорослям развиваться как в планктоне, так и на субстратах. В результате работы удалось охарактеризовать степень самоочистительной способности реки на основе новых зарубежных методов и предложить показатели для паспортизации водных объектов и мониторинга.

Результаты наших оценок подтверждают возможность применения методов биоиндикации качества среды водных объектов в Израйле.

Благодарности

Авторы признательны проф. В.А. Красилкову за экологические комментарии. Мы благодарны также д-ру Томасу Павличеку, который помог нам собрать пробы в бассейне р. Яркон. Настоящее исследование выполнено при поддержке Мин-ва абсорбции Израйля и частичной поддержке РФФИ, грант 03-04-49072.

M. Tavassi¹, S.S. Barinova¹, O.V. Anissimova², E. Nevo¹, S.P. Wasser^{1,3}

¹Institute of Evolution University of Haifa, Mount Carmel, 31905 Haifa, Israel

²Moscow State University, Zvenigorod Biological Station S.N. Skadovsky,

1, Leninskye Gory St., 119899 Moscow, Russia

³N.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine,

2, Tereshchenkovskaya St., 01601 Kiev, Ukraine

ALGAL INDICATORS OF ENVIRONMENT IN THE NAHAL YARQON BASIN, CENTRAL ISRAEL

We recognized 247 species of algae from five divisions in 53 samples of plankton and periphyton collected at 14 stations over the Nahal Yarqon in 2003-2004. Of these, 204 species are indicators of environmental conditions. Species distribution over ecological groups is typical of alkaline freshwater or brackish, temperate, slow-running waters habitable for both planktonic and benthic algae. The indicators of saprobity (Watanabe's scale) show a medium level of organic pollution. The saprobity index S (Sladeček's scale) vary from 1.31 (the upper reaches) to 2.88 near the industrial area of Petakh-Tikva corresponding to II-IV classes of water quality. The self-purification capacity of the Nahal Yarqon ecosystem is rather high corresponding to the oligo- to alphamesosaprobic zones. The environmental pollution index (EPI) varies from 2 to 4 indicating a range of slightly to strongly polluted water of Class II and III. The Water Ecosystem State Index (WESI) testifies to a toxic impact on the algae in the low-water season. The River Pollution Index for saprobity (RPI_s = 2.3), conductivity (RPI_c = 2.0-2.7), nitric nitrogen (RPI_N = 1-8), and pH (RPI_{pH} = 7.7-7.8) indicate alkaline moderately mineralized waters with an occasional input of nitrates round the year, corresponding to the Class III water quality and the betamesosaprobic self-purification zone. Our results allow an estimate of self-purification capacity for the Nahal Yarqon on the basis of modern international approaches. We provide indicators for evaluation and monitoring of the river. This study shows the potentials of the algal bioindication method for aquatic ecosystems of Israel.

Key words: algae, biodiversity, bioindication, algae, ecology, Israel.

- *Anissimova, O.V. & S.S. Barinova. 2003. Algal indicators of environment in the basin of Gorodnja River (Moscow). *Bull. MOIP* 108(6): 55-63. [Rus.]
- Barber, H.G. & J.R. Carter (ed. P.A. Sims). 1996. *An Atlas of British Diatoms*. U. K.; Biopress Limited. Dorset Press, Dorchester.
- Barinova, S.S. 1997. Morphology of connective spines in diatom algae of the genus *Aulacoseira* Thwaites. *Paleontol. J.* 31(2): 239-245.
- Barinova, S.S. 1988. Polymorphism of connective structures in diatom algae. Pp. 110-122 in: *Evolutionary Research. Vavilov's Themes* / Ed. V.A. Krassilov. Acad. Sci. USSR, Far East Branch, Vladivostok. [Rus.]
- Barinova, S.S. 2000. Methodical aspects of algal biodiversity analysis. Pp. 4-59 in: *Algae as indicators of environmental assessment*. Inst. Nat. Cons. Press, Moscow. [Rus.]
- Barinova, S.S., O.V. Anissimova, E. Nevo & S.P. Wasser 2003. Algae new for Israel from the Upper Nahal Oren River. *Flora Mediterranea* 13: 373-294.
- Barinova, S.S., A.G. Karlisen & A.A. Solovieva. 2002. Sustainable assessment of some water ecosystems of Kostsnai Oblast and west part of North-Kazakhstan Oblast on the hydrochemical and hydrobiological dates. Pp. 39-43 in: *The most important wetlands of North Kazakhstan (Kostsnai Oblast and west part of North-Kazakhstan Oblast)*. Rus. Univ. Press, Moscow. [Rus.]
- Barinova, S.S. & L.A. Medvedeva. 1996. *Atlas of algae as saprobic indicators (Russian Far East)*. Dal'nauka Press, Vladivostok. [Rus.]
- Barinova, S.S., L.A. Medvedeva & O.V. Anissimova. 2000. Ecological and geographical data of algae-indicators. Pp. 60-150 in: *Algae as indicators of environmental assessment* / Ed. S.S. Barinova. Inst. Nat. Cons. Press, Moscow. [Rus.]
- Barinova, S.S., O.V. Anissimova, O.N. Vinogradova & P.M. Tsarenko 2002. Ecological and geographical analysis of the diatom algal flora of continental Israel: *Proc. Int. Symp. "Morphology, ecology and biogeography of Diatom algae"*, Borok, 16th-19th Sept., 2002. IBIW Press, Borok. [Rus.]
- Dell'Uomo, A. 1995. Assessment of water quality of an Apennine river as pilot study for diatom-based monitoring of Italian watercourses. Pp. 65-72 in: *Use of algae for monitoring rivers*. II. Agence de l'Eau Artois-Picardie Press, Douai Cedex.
- Dell'Uomo, A. 1999. Use of algae for monitoring rivers in Italy: current situation and perspectives. Pp. 165-170 in: *Use of algae for monitoring rivers*. III. Agence de l'Eau Artois-Picardie Press, Douai Cedex.
- Dokullil, M.T. 2003. Algae as ecological bio-indicators. Pp. 285-327 in: *Bioindicators & Biomonitoring*. Elsevier, Amsterdam, etc.
- Ettl, H. & G. Gartner. 1988. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 10. *Chlorophyta*. II. *Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales*. G. Fischer, Stuttgart; New York.
- European Parliament. 2000. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy*. O. J. L 327.
- Gasith, A. 1992. Conservation and management of the coastal streams of Israel. Pp. 51-64 in: *An assessment of stream status and prospects for rehabilitation*. *River conservation and management*. John Wiley & Sons, Toronto.
- Gurbuz, H. & E. Kivrak. 2002. Use of epilithic diatoms to evaluate water quality in the Karasu River of Turkey. *J. Environ. Biol.* 23(3): 239-246.
- Hegewald, E. 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmeceae). *Algal Stud.* 96: 1-18.
- Hisoriev, H., S.P. Wasser, E. Nevo & V.V. Stupina. 1999. In addition to the flora of *Euglenophyta* of Israel. *Intern. J. Algae* 1(2): 63-75.

- Hollerbach, M.M., E.K. Kossinskaya & V.I. Polansky. 1953. *Blue-green algae. Guide to Freshwater Algae of the USSR*. 2. Sov. Sci. Press, Moscow. [Rus.]
- Hustedt, F. 1957. Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. *Abhandlungen Naturwis.* 34: 181-440.
- Hustedt, F. 1938-1939. Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 15: 131-177.
- Israel ... 2004. *Israel Ministry of the Environment*. <http://www.sviva.gov.il>
- Kadmon, N. 1994. *Toponomasticon. Geographical gazetteer of Israel*. Survey of Israel, Jerusalem.
- Kolbe, R. 1927. Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser Diatomeen. *Pflanzenforschung*. 7: 1-146.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4. *Nostocales*. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 82(3): 247-345.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1998. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 19/1. *Cyanoprokaryota*. 1. *Chroococcales*. Gustav Fischer, Jena; Stuttgart.
- Komárkova-Legnerová, J. & R. Tavera. 1996. *Cyanoprokaryota (Cyanobacteria)* in the phytoplankton of Lake Catemaco (Veracruz, Mexico). *Algol. Stud.* 83: 403-422.
- Komarovsky, B. 1951. Some characteristic water blooms in Lake Tiberias and fish ponds in the Jordan valley. *Proc. Int. Ass. Appl. Limnol.* 11: 219-223.
- Korde, N.V. 1956. The methods of biological studies for the bottom deposits of lakes (the field methods of biological analysis). *Freshwater Life in USSR* 4(1): 383-413. [Rus.]
- Kovalenko, O.V., E. Nevo & S.P. Wasser. 2002a. New for Israel taxa of blue-green algae (*Cyanoprokaryota*). *Intern. J. Algae* 4(3&4): 98-110.
- Kovalenko, O.V., E. Nevo, S.P. Wasser, P.M. Tsarenko & S.A. Bleich. 2002b. New data on the diversity of *Cyanoprokaryota* in inland waters of Israel. *Intern. J. Algae* 4(3&4): 41-50.
- Kovalenko, O.V., S.P. Wasser, E. Nevo. 2003. New for Israel taxa of blue-green algae (*Cyanoprokaryota*). *Algologia* 13(1): 95-106. [Rus.]
- Krakhmalny, A.F., S.P. Wasser, E. Nevo, A.S. Boltavskoy, S.S. Barinova & M.A. Krakhmalny. 2004. New form of *Dinophyta* from freshwater ponds of northern Israel. *Algologia* 14(2): 211-219. [Rus.]
- Krammer, K. 1985. Morphologische und lichtmikroskopische Merkmale in Mikrometer bereich. Ein Vergleich. *Mikrokosmos* 74: 105-109.
- Krammer, K. 2000. *Diatoms of Europe*. A.R.G. 4. Gantner Verlag, Königstein.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991a. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/3. *Bacillariophyceae*. 3. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. G. Fischer, Stuttgart; Jena.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991b. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 2/4. *Bacillariophyceae*. 4. *Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema* *Gesammliteraturverzeichnis*. 1-4. G. Fischer, Stuttgart; Jena.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1997a. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1. *Bacillariophyceae*. 1. *Naviculaceae*. G. Fischer, Jena, etc.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot. 1997b. *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/2. *Bacillariophyceae*. 2. *Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. G. Fischer, Jena, etc.
- Lange-Bertalot, H. & K. Krammer. 1987. *Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen und Ergänzungen zu den *Naviculaceae*. *Bibl. Diatom.* 15: 1-289.
- Masyuk, N.P., G.G. Lilitkaya, S.P. Wasser & E.D. Nevo. 2001a. Green flagellate algae of Israel. New and rare species. *Intern. J. Algae* 3(1): 48-61.
- Masyuk, N.P., G.G. Lilitkaya, S.P. Wasser & E. Nevo. 2001b. The green flagellate algae of Israel. New and rare species. *Algologia* 11(1): 100-114. [Rus.]

- Masyuk, N.P., G.G. Lilitskaya, S.P. Wasser & E. Nevo. 1999. To study of green flagellate algae of continental water bodies from Israel. *Algologia* 9(1): 55-66. [Rus.]
- Mattox, K.R. & R.D. Stewart. 1984. Classification on the green algae: a concept based on comparative cytology. *System. Green Algae* 27: 29-72.
- Meffert, M.E. 1987. Planktic unshathed filaments (*Cyanophyceae*) with polar and central gas-vacuoles. I. Their morphology and taxonomy. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 76: 315-346.
- Meybeck, M. & R. Helmer. 1989. The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)* 75: 283-309.
- Michailuk, T.I., P.M. Tsarenko, S.P. Wasser & E. Nevo. 2001a. To study of aerophytic eucaryotic algae of Israel. *Algologia* 11(3): 371-390. [Rus.]
- Michailuk, T.I., P.M. Tsarenko, S.P. Wasser & E. Nevo. 2001b. Additions to the study of aerophytic algae of Israel. *Intern. J. Algae* 3(3): 19-39.
- Morad, A. 1999. *Changes in the water quality of the Yarqon river and their effects on the aquatic plant: Thesis submitted towards the M.Sc degree in Ecology & Environmental Quality at Tel-Aviv University.*
- Moshkova, N.A. & M.M. Hollerbach. 1986. *Green Algae. Chlorophyta: Ulotrichophyceae (1), Ulotrichales. Guide to Freshwater Algae of the USSR.* 10. Nauka Press, Leningrad. [Rus.]
- Nevo, E. & S.P. Wasser (eds.) 2000. *Biodiversity of cyanoprocaroyotes, algae and fungi of Israel. Cyanoprocaroyotes and algae of continental Israel.* Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag, Leichtenstein.
- Palamar-Mordvintseva, G.M. 1982. *Chlorophyta: Conjugatophyceae. Desmidiaceae. Chlorophyta: Conjugatophyceae. Desmidiaceae (2). Guide to Freshwater Algae of the USSR* 11(2). Nauka Press, Leningrad. [Rus.]
- Pantle, E. & H. Buck. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserfach* 96(18): 1-604.
- Popova, T.G. 1966. *Euglenophyta. Guide to Freshwater Algae of the USSR.* 8. Nauka Press, Moscow, Leningrad. [Rus.]
- Prygiel, J., M. Coste & J. Bukowska. 1999. Review of the major diatom-based techniques for the quality assessment of rivers. State of the art in Europe. Pp. 224-238 in: *Use of Algae for monitoring rivers.* III. Agence de l'Eau Artois-Picardie Press, Douai.
- Rayss, T. 1944. Matériaux pour la flore algologique de la Palestine I. Les *Cyanophycées*. *Pal. J. Bot.* 3: 94-113.
- Rayss, T. 1951. Les algues des eaux continentales. Méteriaux pour la flore algologique de la Palestine. *Pal. J. Bot.* 5: 71-95.
- Romanenko, V.D., O.P. Oksijuk, V.N. Zhukinsky, F.V. Stolberg & V.I. Lavrik. 1990. *Ecological impact assessment of hydrotechnical constructions on water bodies.* Naukova Dumka Press, Kiev. [Rus.]
- Rumrich, U., H. Lange-Bertalot & M. Rumrich. 2000. *Diatoms of the Andes from Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego.* Gantner Verlag, Ruggell.
- Sladeček, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnol.* 7: 1-128.
- Sladeček, V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 14: 555-566.
- Starmach, K. 1985. *Süßwasserflora von Mitteleuropa.* 1. *Chrysophyceae und Haptophyceae.* G. Fischer, Stuttgart; New York.
- Stoermer, E.F. & J.P. Smol (eds.). 1999. *The diatoms: application for the environmental and earth sciences.* Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Sumita, M. 1986. A numerical water quality assessment of rivers in Hokuriku District using epilithic diatom assemblage in river bed as a biological indicator. II. The values of RPId in surveyed rivers. *Jap. J. Diatom.* 2: 9-18.
- Swift, E. 1967. Cleaning diatom frustules with ultraviolet radiation and peroxide. *Phycologia* 6: 161-163.

- Tsarenko, P.M., S.P. Wasser, E. Nevo & L. Kreinitz. 1996a. New species of *Chlorococcales* (*Chlorophyta*) for the flora of Israel. *Algologia* 6(3): 295-302. [Rus.]
- Tsarenko, P.M., V.V. Stupina, S.P. Wasser, E. Nevo, O.V. Kovalenko, E.S. Kondratyuk, H. Hisoriev, A.F. Krakhmalny & L. Kreinitz. 1996b. Species diversity of algae on the Hula valley (Northern Israel). *Algologia* 6(2): 182-195. [Rus.]
- Tsarenko, P.M., V.V. Stupina, G.M. Mordvintseva, S.P. Wasser & E. Nevo. 1997. *Chlorophyta: checklist of continental species from Israel*. Haifa; Kiev.
- Tsarenko, P.M., O.N. Vinogradova, V.V. Stupina, S.P. Wasser & E. Nevo. 2001. Diversity of algae in continental part of Israel. *Algologia* 11(1): 83-99. [Rus.]
- Unified ... 1977. *Unified Methods of Water Quality Assessments. Part. 3. Methods of biological assessment of water. 1. Indicators of saprobity*. Printed by Council of Econom. Cooperation, Moscow. [Rus.]
- Vinogradova, O.N., O.V. Kovalenko, S.P. Wasser & E. Nevo. 1996. *Cyanophyta: checklist of continental species from Israel*. Haifa; Kiev.
- Vinogradova, O.N., O.V. Kovalenko, S.P. Wasser & E. Nevo. 2001. New representatives of *Chroococcolphyceae* (*Cyanophyta*) from the Mount Carmel National Park and Dead Sea area, Israel. *Intern. J. Algae* 3(3): 95-99.
- Vinogradova, O.N., O.V. Kovalenko, S.P. Wasser, E. Nevo & M. Wainstein-Evron. 2000a. Blue-green algae (*Cyanoprocaroyota*) of Cave Jamal (Nation Park Mount Carmel, Israel). *Algologia* 10(1): 82-90. [Rus.]
- Vinogradova, O.N., E.D. Nevo & S.P. Wasser. 2000b. *Cyanoprocaroyota* (blue-green algae/ cyanobacteria) of Sefunim cave (Israel): Int. Conf. "Algae and extreme environment. Ecology and physiology", 11-16 Sept., 2000, Trebon (Czech Republic).
- Vinogradova, O.N., M. Poem-Finkel, E.D. Nevo & S.P. Wasser. 2000c. Diversity of *Cyanoprocaroyota* in Israel. First data about blue-green algae of dry limestones of Upper Galilee. *Algologia* 10(3): 305-323. [Rus.]
- Vinogradova, O.N., M. Poem-Finkel, E.D. Nevo & S.P. Wasser. 2000d. Diversity of *Cyanoprocaroyota* in Israel. First data about blue-green algae of dry limestones of Upper Galilee. *Intern. J. Algae* 2(3): 27-45.
- Watanabe, T., K. Asai & A. Houki. 1986. Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage – Diatom Assemblage Index (DAI_{po}). *Sci. Total Environ.* 55: 209-218.
- Whitton, B.A. & E. Rott (eds.). 1995. *Use of algae for monitoring rivers*. II. Austrian Ministry of Science, Traffic and Arts, Innsbruck.
- Whitton, B.A., E. Rott & G. Friedrich (eds.). 1991. *Use of algae for monitoring rivers*. Institut für Botanik Univ. Press, Innsbruck.
- Zelinka, M. & P. Marvan. 1961. Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation des Reinheit fliessender Gewasser. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.

Получена 16.08.04

Подписала в печать Л.А. Сиренко