

Место для баллов:

Код:

КАБИНЕТ № 3
ЭКОЛОГИЯ
30 баллов)

Продолжительность выполнения задания – 1 час 30 минут (90 минут).

ЗАДАНИЕ 1

Проблема биологических инвазий чужеродных видов (14 баллов)

Биологическая инвазия чужеродных видов – проникновение и создание самовоспроизводящейся популяции видом за пределами его естественно-исторического ареала.

В настоящее время общепринятой в данном проблемном поле является терминология, утвержденная в рамках Конвенции о биологическом разнообразии (КБР). В соответствии с Решением VI/23 6-ой Конференции Сторон КБР, проходившей 7-19 апреля 2002 г. в Гааге, Нидерланды были приняты следующие термины и определения:

Чужеродный вид» живого организма для природного сообщества – это вид, подвид или таксон низшего ранга, интродуцированный за пределы его природного распространения (прошлого или настоящего ареала), включая любую часть, гаметы, семена, яйца или жизненные стадии таких видов, которые могут выживать и размножаться.

«Инвазивный чужеродный вид» означает такой чужеродный вид, чья интродукция и/или распространение угрожает биологическому разнообразию (видам, местообитаниям или экосистемам).

Интродукция» означает антропогенное перемещение (прямое или опосредованное) чужеродного вида за пределы его природного ареала (прошлого или настоящего).

Пресноводное озеро Онтарио, входящее в систему Великих озёр расположено на границе Соединённых штатов Америки и Канады. Не смотря, на то, что оно занимает 13-е место в списке крупнейших озёр мира (площадь озера составляет около 19 тыс. км²) оз. Онтарио – самое маленькое в данной системе. На озере сильно развито судоходство и расположено множество крупных портов. Озеро Онтарио берёт начало с реки Ниагара и имеет множество притоков (Хамбер, Освего, Катаракуй и др.), вытекает же из него лишь река Святого Лаврентия, вы-

полняющая роль судоходного пути к Атлантическому океану (Рисунок 1). В период с 1824 по 1829 год был построен Уэллендский канал, соединивший озеро Онтарио с озером Эри (Рисунок 2). В 1817–1825 годах в штате Нью-Йорк (США) был построен судоходный Эри-канал, связавший систему Великих озёр с Атлантическим океаном через реку Гудзон (Рисунок 2).



Фотография системы
Великих озер со спутника



Карта расположения системы
Великих озер и реки Святого Лаврентия

Рисунок 1 – Система великих озер



Карта расположения
Уэллендского канала



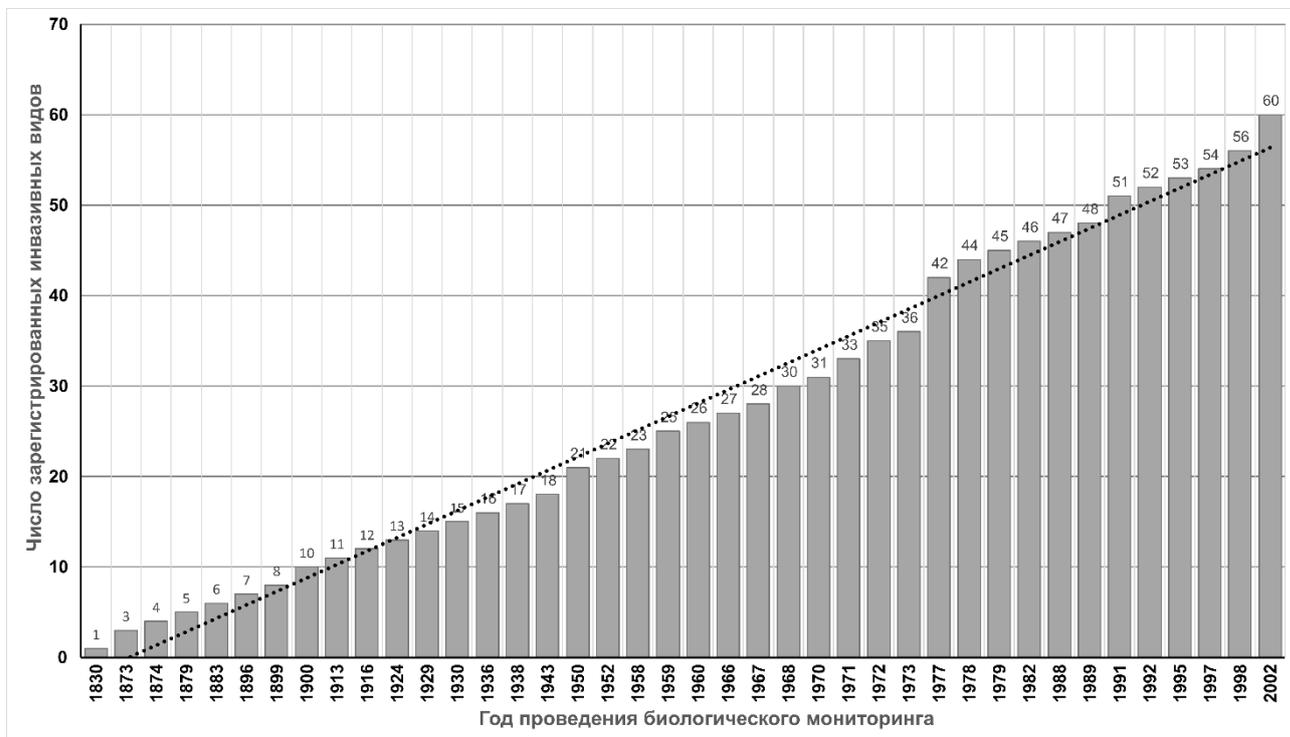
Карта расположения судоходного
Эри-канала

Рисунок 2 – Карты расположения Уэллендского канала и Эри-канала

Река Святого Лаврентия с самого начала освоения региона европейцами играла в его хозяйстве важную роль. Через неё пролегли пути доставки пушнины, а позднее она использовалась лесосплавщиками. Ещё в 1680 году колонисты думали расширить русло реки, чтобы океанские суда могли проходить за г. Монреаль по каналам, минуя бурные пороги. В 1959 году эта мечта осуществилась, когда был достроен и открыт глубоководный путь Святого Лаврентия, протяжённостью 293 км. Он славится как одно из самых выдающихся в мире гидротехнических инженерных сооружений.

Озеро Онтарио имеет обширную историю научных наблюдений за процессами биологических инвазий, к настоящему времени охватывающую более

На основе представленных в таблице 1 данных постройте гистограмму, наглядно демонстрирующую динамику процесса биологических инвазий в оз. Онтарио в период с 1830 по 2002 гг. (2 балла). Поверх построенной гистограммы проведите линию тренда (1 балл).



Хронология биологических инвазий чужеродных видов в оз. Онтарио

Дополните следующие предложения:

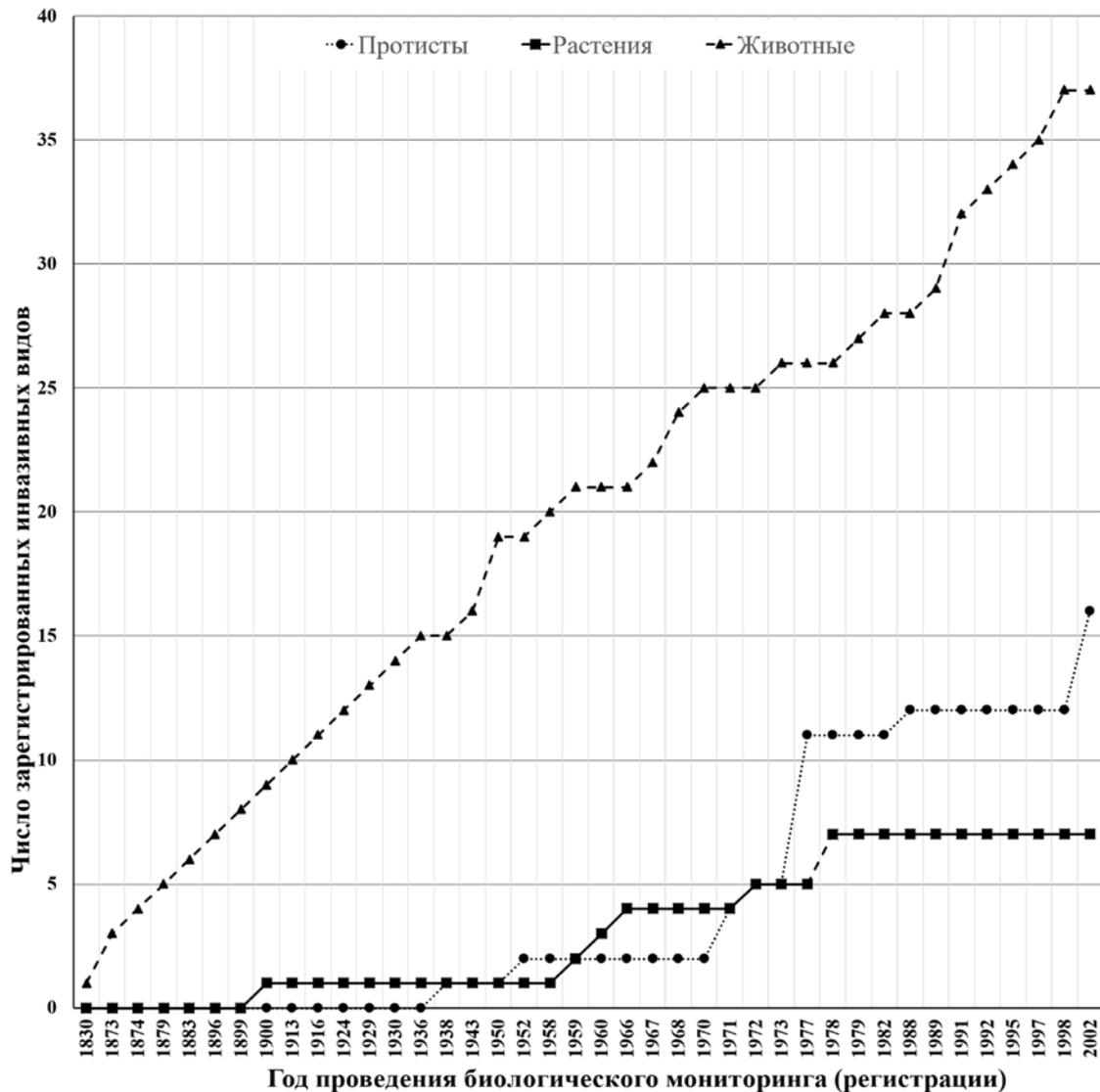
По имеющимся на 2022 г. данным в оз. Онтарио сформировались устойчивые популяции **60 видов (0,25 балла)** позвоночных и беспозвоночных животных, простейших, водорослей и водных макрофитов.

Скорость вторжения чужеродных инвазивных видов в экосистему оз. Онтарио начала увеличиваться в **1870-х годах (0,25 балла)**, что очевидным образом связано с **интенсификацией судоходства после открытия Уэллендского канала и Эри-канала (0,25 балла)**. Сжатое во времени ускорение процессов биологических инвазий в оз. Онтарио наблюдалось в период **с 1950 по 2002 гг. (0,25 балла)**, что очевидным образом связано с **реконструкцией глубоководного пути Святого Лаврентия (0,25 балла)**.

Укажите 3 основных вектора биологических инвазий чужеродных видов в оз. Онтарио в порядке их значимости:

Значимость	Вектор биологической инвазии	
1	<i>БВ – Занос с балластными водами</i>	(0,25 балла)
2	<i>И – Умышленное вселение (интродукция)</i>	(0,5 балла)
3	<i>ВР – непреднамеренный занос, связанный с выпуском рыбы (искусственным зарыблением)</i>	(0,5 балла)

На основе представленных в таблице 1 данных постройте линейно-точечный график, отражающий динамику биологических инвазий чужеродных видов протистов (Ц. Protista), растений (Ц. Plantae) и животных (Ц. Animalia) в оз. Онтарио в период с 1830 по 2002 гг. (3 балла).



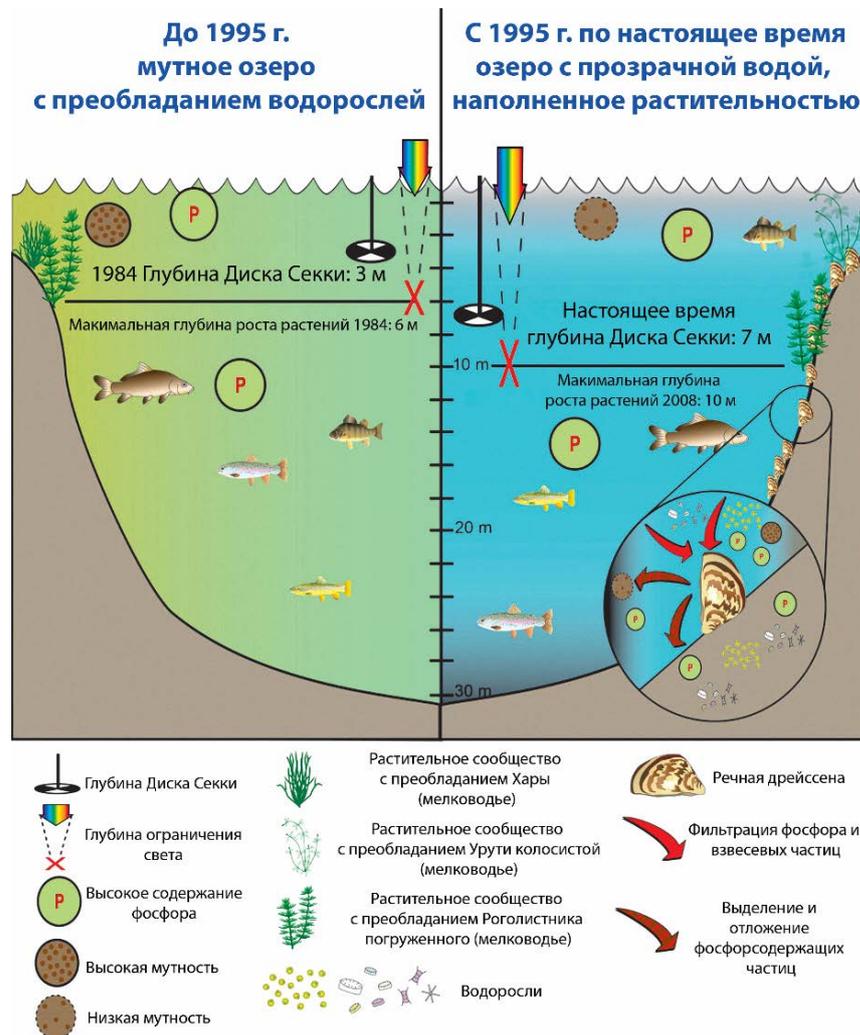
Динамика биологических инвазий чужеродных видов

протистов (Ц. Protista), растений (Ц. Plantae) и животных (Ц. Animalia) в оз. Онтарио
По результатам наблюдений за процессами биологических инвазий в оз. Онтарио в таксономическом аспекте наиболее интенсивное проникновение и формирование устойчивых самовоспроизводящихся популяций характерно для представителей Царства Animalia (Животные) (0,5 балла).

Среди последних наибольшим числом видов представлены таксоны (укажите 3 в порядке их значимости):

Значимость	Таксон	
1	<i>Хордовые (Лучеперые рыбы – 14 видов)</i>	(0,5 балла)
2	<i>Моллюски (Двустворчатые – 6, Брюхоногие – 5)</i>	(0,5 балла)
3	<i>Членистоногие (Ракообразные – 8, Насекомые – 2)</i>	(0,5 балла)

В непосредственной близости от системы Великих озер на территории Канады располагается озеро Симко. В силу очевидных географических причин процессы биологических инвазий не могли обойти его стороной. В настоящее время в озере зарегистрировано 15 чужеродных инвазивных видов животных и растений. Последствия их вселения весьма разноплановы. Наиболее наглядным с точки зрения трансформации экосистем является пример вселения в 1995 году в экосистему оз. Симко двух чужеродных инвазивных видов двустворчатых моллюсков – дрейссены речной (*Dreissena polymorpha* Pallas, 1771) и бугской (*Dreissena* вселения этих двух видов. Внимательно рассмотрите ее и дайте максимально развернутое описание произошедших в экосистеме оз. Симко изменений.



* – Диск Секки – диск чёрно-белой окраски диаметром 20 см, используемый как стандартный метод оценки прозрачности воды (его опускают на такую глубину, чтобы он полностью исчез из виду, эта глубина и считается показателем прозрачности. Для более точного определения записывают два отсчета: глубину исчезновения и глубину появления диска вновь при поднятии троса. Средняя величина этих значений принимается за относительную прозрачность воды в данном районе)

Рисунок 3 – Последствия вселения в оз. Симко двустворчатых моллюсков *Dreissena* spp.

Ответ:

<i>С 1995 года в оз. Симко произошли кардинальные изменения</i>	(3,5 балла)
<i>1) Ввиду вселения и жизнедеятельности дрейссен, произошло увеличение показателей прозрачности озерной воды. Как следствие оз. Симко превратилось из богатого питательными веществами озера (в котором преобладали водоросли) в озеро, в котором в настоящее время преобладают растения. (1 балл)</i>	
<i>2) Удаление водорослей этими моллюсками привело к тому, что избыток питательных веществ, которые когда-то поглощались водорослями, теперь способствует увеличению роста водных растений.</i>	
<i>Кроме того, в результате жизнедеятельности дрейссен на дно озера оседает большое количество богатых питательными веществами экскрементов. Эти «биодепозиты» образуют богатый питательными веществами субстрат, который в сочетании с повышенной прозрачностью воды является идеальной средой для водных растений. (1,5 балла)</i>	
<i>3) Способность дрейссен быстро фильтровать большие объемы воды означает, что они могут потреблять пищу быстрее, чем местные виды, приводя к исчезновению последних. (1 балл)</i>	

ЗАДАНИЕ 2

Расчет индексов биологического разнообразия (16 баллов)

Видовое разнообразие – очень важное свойство экосистем. С ним связана устойчивость систем к неблагоприятным факторам среды. Разнообразие обеспечивает как бы подстраховку, дублирование устойчивости. Вид, который присутствует в числе единичных экземпляров, при неблагоприятных условиях для широко представленного вида, в том числе и доминантного, может резко увеличить свою численность и, таким образом, заполнить освободившееся пространство (экологическую нишу), сохранив экосистему как единое целое.

Сюртсей – необитаемый остров в Исландии, самая южная точка страны, объект Всемирного природного наследия. Сюрстрей является одним из немногих островов, появившихся в современное время, и едва ли не единственный, на котором с первого момента появления твёрдой породы выше уровня океана проводятся научные исследования в рамках долгосрочной программы биологических исследований. Остров появился 14 ноября 1963 г. в результате серии извержений подводного вулкана. Остров состоял лишь из вулканической пемзы, однако привлек внимание учёных всего мира, так как на его примере можно было вести наблюдения за появлением жизни на острове. Доступ сюда для «чистоты эксперимента» был ограничен.

Учёными было определено, что бактерии и прочие микроорганизмы поселились на Сюртсее уже в первые часы рождения острова. Постепенно здесь стали появляться растения (таблица 2).

Рассчитайте индекс видового разнообразия Шеннона-Виннера (H') по данным таблицы 2 по формуле, приведенной ниже (**10 баллов**):

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \ln p_i)$$

где H' = индекс разнообразия

p – доля особей i -го вида

– натуральный логарифм p_i

– число видов в сообществе

Величина индекса H' в среднем колеблется от 1,5 до 3,5 и крайне редко превышает 4,5.

Ответы впишите в соответствующие пустые поля таблицы 2. Обратите внимание, что знак « \rightarrow » в расчетном показателе индекса видового разнообразия Шеннона-Виннера (H') не принимается во внимание (его не нужно учитывать).

Сходство между двумя сообществами часто выражается при помощи коэффициентов сходства, например, коэффициента сходства Сёренсена:

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Где β – коэффициент сходства

c = число видов общих для обоих сообществ

– число видов в сообществе 1

– число видов в сообществе 2

Значение β колеблется от 0 (нет общих видов) до 1 (полное совпадение видов).

Рассчитайте коэффициент сходства для каждой пары лет, представленной в таблице для ответов ниже. Ответ запишите с точностью до двух знаков после запятой.

Таблица 2 – Список видов растений и их обилие на острове Сюртсей (по результатам учетов в 1965–1985 гг.)

№	Вид растения	Обилие растений																					
		1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
1	<i>Cakile arctica</i>	23	1	22	0	2	0	0	1	33	3	5	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	
2	<i>Elymus arenarius</i>	0	4	4	6	5	4	3	0	66	26	12	10	8	14	5	5	0	0	15	34	50	200
3	<i>Honkenya peploides</i>	0	0	24	103	52	63	52	71	548	857	428	500	632	3080	24000	50000	100000	150000	250000	250000	300000	300000
4	<i>Mertensia maritima</i>	0	0	1	4	0	0	0	15	25	44	11	6	8	9	8	7	12	24	39	58	100	120
5	<i>Cochlearia officinalis</i>	0	0	0	0	4	30	21	98	586	372	863	501	286	160	91	75	14	3	26	12	4	3
6	<i>Stellaria media</i>	0	0	0	0	0	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	<i>Cystopteris fragilis</i>	0	0	0	0	0	0	3	4	3	3	2	2	0	9	5	5	3	2	1	1	0	0
8	<i>Angelica archangelica</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	<i>Carex maritima</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	2	1	5	2	1	1	2	1	1	1	2
10	<i>Puccinellia retroflexa</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	9	8	8	2	6	40	7	2	2	2	2	2	2
11	<i>Tripleurospermum maritimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	2	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
12	<i>Festuca rubra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	5	3	3	1	1	1	1	1	1
13	<i>Cerastium fontanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	99	19	6	97	150	120	100	75	20	20	34
14	<i>Equisetum arvensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	<i>Silene vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>Sagina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Juncus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Atriplex patula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Rumex acetosella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	31	40	30	27	28	31	50	80
20	<i>Cardaminopsis petraea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	8	0	0	0	0	0	0
21	<i>Poa pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	<i>Sagina saginoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
23	<i>Armeria vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ВСЕГО		23	5	51	113	63	101	81	197	1272	1318	1447	1131	960	3427	24290	50303	100184	150162	250189	250161	300229	300595
Индекс разнообразия (H')		0,000	0,500	0,994	0,359	0,644	0,911	0,970	1,211	1,114	0,910	1,049	1,079	0,842	0,471	0,085	0,046	0,016	0,010	0,007	0,006	0,007	0,017

Таблица ответов на задание 2.2 (6 баллов)

Сравниваемые годы	<i>B</i>	
1965/1966	<i>0,67</i>	<i>(0,15 балла)</i>
1966/1967	<i>0,67</i>	<i>(0,15 балла)</i>
1967/1968	<i>0,86</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1968/1969	<i>0,57</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1969/1970	<i>0,75</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1970/1971	<i>0,89</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1971/1972	<i>0,53</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1972/1973	<i>0,73</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1973/1974	<i>0,91</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1974/1975	<i>0,80</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1975/1976	<i>0,80</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1976/1977	<i>0,86</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1977/1978	<i>0,78</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1978/1979	<i>0,96</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1979/1980	<i>1,0</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1980/1981	<i>0,87</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1981/1982	<i>1,0</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1982/1983	<i>0,95</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1983/1984	<i>0,90</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1984/1985	<i>1,0</i>	<i>(0,3 балла)</i>
1985/1986	<i>0,87</i>	<i>(0,3 балла)</i>