

**ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТОВ ГЕОХИМИЧЕСКОГО БАЛАНСА АГРОЛАНДШАФТОВ
И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ С РАСТИТЕЛЬНЫМ ПОКРОВОМ
(НА ПРИМЕРЕ ПРИГОРОДА ТОМСКА, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)
ASSESSMENT OF THE ELEMENTS OF THE GEOCHEMICAL BALANCE OF
AGRICULTURAL LANDSCAPES AND THEIR INTERRELATIONSHIPS WITH VEGETATION
(ON THE EXAMPLE OF THE SUBURB OF TOMSK, RUSSIAN FEDERATION)**

**О. Г. Савичев, Е. Ю. Пасечник
O. G. Savichev, E. Yu. Pasechnik**

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
osavichev@tpu.ru, paseyu@tpu.ru
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

В статье рассматриваются элементы геохимического баланса агроландшафтов и их взаимосвязи с растительным покровом. Выявлено, что растительный покров оказывает значимое влияние на состав атмосферных осадков, которые поступают на земную поверхность, что необходимо учитывать при оценке элементов геохимического баланса территорий. Многообразие гидрологических и геохимических процессов в агроландшафте приводит к тому, что статистически значимые связи между «входным» воздействием на водосбор и гидрохимическим стоком малого водотока в расчетном створе практически отсутствуют; имеется лишь общее повышение значений тех или иных геохимических показателей.

The elements of the geochemical balance of agricultural landscapes and their relationship with vegetation are considered in the article. It has been revealed that vegetation has a significant effect on the composition of atmospheric precipitation that reaches the Earth's surface. This fact must be taken into account when assessing the elements of the geochemical balance of territories. The variety of hydrological and geochemical processes in the agricultural landscape leads to the fact that statistically significant links between the "input" effect on the catchment and the hydrochemical runoff of a small watercourse are practically absent in the calculated range; there is only a general increase in the values of certain geochemical indicators.

Ключевые слова: агроландшафты, геохимический баланс, Западная Сибирь.

Keywords: agricultural landscapes, geochemical balance, Western Siberia.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-154-158>

Введение. Планирование мероприятий по комплексному использованию и охране природных ресурсов и территорий различного назначения, так или иначе, базируется на составлении и анализе фактических и перспективных водохозяйственных и геохимических балансов [1]. Этот подход целесообразно использовать и при оценке экологической и экономической эффективности агромероприятий для оптимизации технологий внесения удобрений и пестицидов и снижения возможного негативного воздействия на окружающую среду.

Нами этот вопрос в первом приближении рассмотрен на примере территории в пригороде Томска (Российская Федерация, Сибирский федеральный округ). Рассматриваемый участок расположен в водосборе малого водотока р. Малая Киргизка (элемент речной системы: Малая Киргизка – Киргизка (Большая) – Томь – Обь), в северо-восточной части г. Томска. Площадь водосбора водотока в створе наблюдений – 3.5 км², из которых: открытый участок без растительности – 2.01 км² (57.43 %); садовые участки – 1.10 км² (31.43 %); лес – 0.30 км² (8.57 %); производственные территории – 0.07 км² (2.00 %); дороги – 0.02 км² (0.57 %).

Цель исследования – оценка многолетних изменений (2019 – 2023 гг.) элементов водохозяйственного и геохимического баланса участка малого водотока, значительная часть которого (31.43 %) используется для локального ведения сельскохозяйственных работ (выращивание овощей и ягод). Антропогенное воздействие связано с: 1) использованием подземной воды для полива садовых культур (скважина глубиной 42 м из отложений четвертичного возраста расположена в 170 м ниже расчетного створа; вода при положительных температурах атмосферного воздуха с мая по октябрь подается по водоводу на садовые участки; с учетом небольшого расстояния от скважины до расчетного створа и активного водопотребления химический состав воды в водоводе и непосредственно в скважине практически идентичны с учетом погрешности измерений); 2) внесением удобрений и пестицидов, поступлением хозяйственно-бытовых отходов; 3) изменением условий формирования водного и гидрохимического стока, в том числе путем изменения почвенно-растительного покрова, включая выращивание растений, не характерных для современной Сибири. Задачи исследования: 1) количественная оценка атмосферного увлажнения, испарения с поверхности водосбора и водного стока (смеси естественного водного стока и поливных вод); 2) определение физико-химических показателей атмосферных осадков, воды в малом водотоке и водоводе

и оценка влияния растительного покрова на состав атмосферных осадков; 3) ориентировочная оценка элементов геохимического баланса водосбора – гидрохимического стока и поступления с атмосферными осадками на единицу поверхности водосбора. В целом, рассматриваемый участок водосбора малого водотока представляет собой модельную территорию с условиями ведения садового и приусадебного хозяйства, характерными для юга Западной и Средней Сибири.

Методика исследования. Наблюдения за составом атмосферных осадков, воды в малом водотоке и водоводе и измерение расходов воды в малом водотоке проводились с учетом требований [2] с мая 2019 г. по октябрь 2023 г., наблюдения за уровнями грунтовых вод в пойме водотока – с 2021 по 2023 гг. Отбор проб атмосферных вод осуществлялся раз в неделю в течение теплого периода при помощи пластиковых осадкомеров с диаметром входного отверстия 44 мм, установленных на высоте 30 см над поверхностью земли: 1) на открытом участке поймы водотока с травяным покровом не более 30 см ближайшее дерево – сосна – расположена в 7 м; 2) на открытом участке для выращивания картофеля на удалении от деревьев не ближе 9 м; 3) под сосной (сосна обыкновенная, возраст – 28 лет) в 0.5 м от ствола; 4) под дубом (дуб черешчатый, возраст – 30 лет) в 0.5 м от ствола; 5) под калиной (возраст 20 лет) в 0.5 м от основного ствола. Сосна расположена в 19 м от дуба и 18 м от калины; между сосной и калиной расположены створ на водотоке и осадкомер в пойме; осадкомер на картофельном поле – в 5 м от водотока.

Расход воды в водотоке (при наличии течения) измерялся объемным методом или с использованием поплавков (в большую часть года сток отсутствовал). Проба воды из водовода отбиралась после выпуска 30 литров воды. Сразу после отбора проводилось измерение температуры воды измерителем HI 98127 (HANNA Instruments) и удельной электропроводности измерителем TDS 5 (HM Digital, Южная Корея). Кроме того, 05.08.2023 г. шесть проб воды были проанализированы в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета с использованием масс-спектрометрического метода с индуктивно связанной плазмой (масс-спектрометр NexION 300D; определение HCO_3^- титриметрическим методом; также было проведено исследование состава воды из водовода 23.07.2017 г.). Более подробные сведения о методике определения состава вод приведены в [3]. На основе полученных данных о составе вод были выполнены расчеты индексов насыщения SI (1) относительно ряда минералов:

$$SI = \lg \lg PA - \lg \lg K_{neq}, \quad (1)$$

где PA – произведение активностей группы веществ; K_{neq} – константа неустойчивости.

Расчет элементов водного баланса выполнен с использованием исходной модели вида (мм/год, мм/месяц):

$$P_r + P_{smf} - E_{wp} - E_{sp} - Y_{sf} - Y_{gr} + Y_{A+} - Y_{A-} \approx \Delta V, \quad (2)$$

где P_r – жидкие атмосферные осадки; P_{smf} – водоотдача из сезонного снежного покрова; E_{wp} и E_{sp} – испарение с поверхности водосбора за холодный и теплый периоды; Y_{sf} и Y_{gr} – поверхностная и подземная составляющие суммарного водного стока Y ; Y_{A+} и Y_{A-} – поступление и изъятие поверхностных и подземных вод в результате хозяйственной деятельности (поступление – поступление поливных и сточных вод, утечки из водовода; изъятие – забор воды из водотока и колодцев; перехват дождевых вод с твердых поверхностей для полива); ΔV – изменение влагозапасов в водосборе [4].

Возможность оценки Y_{gr} , Y_{A+} и Y_{A-} ограничена из-за отсутствия достоверных количественных данных о подземном стоке, объемах полива (а также вносимых химикатов). Фактическая оценка при ряде допущений и на основе данных сайта <https://tr5.ru> (метеостанция Томск/ аэропорт Богашево); суточные данные о температуре T_a и влажности U_a атмосферного воздуха, влагосодержании атмосферных осадков P_a , толщине снежного покрова S_a , скорости ветра V_a , видимости VS_a) выполнена только для P_r , P_{smf} , E_{wp} , E_{sp} , Y_{sf} и соответствующих элементов геохимического баланса при следующих допущениях: 1) атмосферные осадки при $T_a < 0$ рассматривались как снег; 2) испарение с поверхности снега оценивалось по уравнению (3) в зависимости от дефицита влажности d_a согласно Рекомендациям по расчету испарения..., 1976 г.; 3) суточное испарение с поверхности водосбора при отсутствии снега рассчитано по уравнению Харгрейва (4):

$$E_{wp} = 0.37 \cdot d_a, \quad (3)$$

$$E_{sp(H)} = a_0 + a_1 \cdot (0.023 R_a \cdot (T_{a,a} + 17.8) \cdot \sqrt{T_{a,max} - T_{a,min}}), \quad (4)$$

где $E_{sp(H)}$ – слой испарения по Харгрейву, мм/сут; R_a – внеземная радиация, МДж/(сут·м²); $T_{a,a}$, $T_{a,max}$, $T_{a,min}$ – среднее, максимальное и минимальное (за расчетный интервал времени) значения температуры атмосферного воздуха; a_0 , a_1 – эмпирические коэффициенты, определяемые по данным конкретной метеостанции для перевода к месячному и годичному расчетному интервалу [5]; 4) водоотдача из снежного покрова рассчитана по уравнениям (5, 6):

$$P_{smf,i} = \begin{cases} 0, & WS_{i-1} - WS_i \leq 0 \\ WS_{i-1} - WS_i, & WS_{i-1} - WS_i > 0 \end{cases}, \quad (5)$$

$$WS_i = WS_{i-1} + (P_{sn,i} - k_{sm} \cdot T_{a,i} \cdot N_{s,i} - E_{wp,i}), \quad (6)$$

где WS_i – влагозапасы в снежном покрове за i -й период (если $WS_i < 0$, то $WS_i = 0$); $P_{sn,i}$ – атмосферные осадки в виде снега (влагозапас), мм/период; k_{sm} – обобщенный коэффициент снеготаяния и водоотдачи (мм/(°C·сут)); N_s – длительность расчетного периода; для суток $N_s = 1$ [4].

Элементы геохимического баланса в части сопоставления поступления и оттока минеральных солей G_t за сутки t рассчитывались умножением суточных значений элементов водного баланса на величину суммы главных ионов Σ , рассчитанную в зависимости от удельной электропроводности EC по уравнению регрессии $\Sigma=(1.01\pm0.12)\cdot EC$ (квадрат корреляционного отношения $R^2=0.93$). Расчеты средних за период (месяц, год, период с 2019 по 2023 гг.) проводились по значениям G_t .

Анализ полученных данных (включая использование различных зависимостей между геохимическими, физико-химическими, метеорологическими и гидрологическими параметрами) включал расчет статистик и погрешностей их определения с учетом требований СП 529.1325800.2023, в частности погрешностей среднего арифметического δ_a (7) и коэффициента корреляции δ_r (8), корреляционный и регрессионный анализ при условии (9), проверку данных на однородность по критериям Стьюдента K_S (10), Фишера K_F (11) и случайность по критерию Питмена K_P (12) для линейной зависимости величины Φ (14) от координаты времени t (даты с 01.01.1900 г. или суток от первого января абстрактного года):

$$\delta_a \approx \frac{1}{\sqrt{N}}, \quad (7)$$

$$\delta_r \approx \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}}, \quad (8)$$

$$|r| \geq 2 \cdot \delta_r, |k_r| \geq 2 \cdot \delta_{kr}, N > 6 \dots 7, \quad (9)$$

$$K_S = \frac{|A_1 - A_2|}{\sqrt{N_1 \cdot D_1 + N_2 \cdot D_2}} \cdot \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (N_1 + N_2 - 2)}{N_1 + N_2}}, \quad (10)$$

$$K_F = \frac{\max(D_1; D_2)}{\min(D_1; D_2)}, \quad (11)$$

$$K_P = \frac{r_a \cdot \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_a^2}}, r_a = a \cdot \sqrt{\frac{D_t}{D_\Phi}}, \Phi(t) = at + b + \lfloor, \quad (12)$$

где A_1, A_2, D_1, D_2 – средние арифметические значения и дисперсии для двух выборок объемами N_1 и N_2 (проводилось сравнение одинаковых выборок $N_1=N_2=N$); $\lfloor$ – среднее квадратическое отклонение; a, b – эмпирические константы, в общем виде – коэффициенты регрессии k_r ;

ξ – случайная величина. Критическое значение $K_\chi(\alpha)$ находится как квантиль того или иного распределения (Стьюдента или Фишера) при заданном уровне значимости α и числе степеней свободы. Ориентировочный вывод об отклонении гипотезы о нарушении гипотезы однородности с уровнем α формулируется при условии $K_F(f)/K_F(\alpha) > 1$ и $K_S(f)/K_S(\alpha) > 1$.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных результатов показал, что в летний период исследуемые воды, согласно классификациям О.А. Алекина (1989), пресные, гидрокарбонатные кальциевые I типа (реже – II), способны растворять целый ряд минералов, причем эта способность уменьшается в ряду от атмосферных осадков до подземных вод (вод в водоводе), хотя и сохраняется во всех случаях (табл. 1). С учетом выявленной зависимости между удельной электропроводностью EC и суммой главных ионов подобная ситуация может наблюдаться в течение всего теплого периода.

Таблица 1

Характеристика насыщенности вод относительно ряда минералов

Показатель	Ед. изм.	Объект и дата отбора проб воды*						
		пойма	сосна	дуб	калина	водоток	водовод	
		05.08. 23						23.07.17
pH	ед. pH	5.64	5.39	6.01	6.74	7.08	7.56	7.57
EC	мкС/см	10	23	24	8	276	484	362
Сумма главных ионов	мг/дм ³	10.3	14.0	19.1	23.7	267.8	383.1	519.4
Индексы насыщения SI (1)								
$\text{CaCO}_3(\text{calcite}) = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$		-10.7	-9.8	-10.4	-9.7	-1.1	-0.3	-0.2
$\text{SiO}_2(\text{quartz}) + 2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4^0$		-1.0	-0.8	-1.0	-0.7	0.6	0.8	0.8
$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{anorthite}) + 2 \cdot \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{kaolinite})$		-33.4	-32.5	-31.2	-27.1	-23.6	-21.4	-18.8
$2 \cdot \text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{OH}_2(\text{muscovite}) + 2 \cdot \text{H}^+ + 3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2 \cdot \text{K}^+ + 3 \cdot \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{kaolinite})$		-6.5	-4.4	-2.5	-2.6	-0.7	-0.5	-0.7

Примечание: * здесь и далее имеются ввиду атмосферные осадки, отобранные в пойме водотока, под сосной, дубом, калиной, на картофельном поле, в водотоке, в водоводе

Более подробные исследования наблюдений за удельной электропроводностью воды показали, что изменения величины EC в течение 2019–2023 гг. в целом носят случайный характер. Но в то же время очевидны существенные отличия между подземной водой в водоводе, водами малого водотока и атмосферными осадками в разных условиях. Гипотеза об однородности с уровнем значимости 5 % была отклонена даже для рядов наблюдений в пойме и на картофельном поле – отношения $K_F(f)/K_F(5\%)$ и $K_S(f)/K_S(5\%)$ во всех рассмотренных парах объектов была больше единицы (рис. 1). Объяснение этим различиям возможно связано с разной степенью запыленности крон деревьев и, следовательно, большей площадью взаимодействия воды с твердым веществом. Хвоя сосны обыкновенной за зимний и весенний периоды собирает большое количество пыли. Соответственно, удельная электропроводность атмосферных осадков, проходящих через ее крону, имеет большие значения с большим разбросом, чем у других деревьев.

Удельная электропроводность под калиной в среднем меньше, чем под другими деревьями (т.к. у нее меньше крона, чем у сосны и дуба), но больше, чем на открытых участках. Здесь результаты – в среднем 40 мкС/см на картофельном поле и 17.2 мкС/см в пойме с травяным покровом (рис. 1). Площадь и время взаимодействия в системе вода–порода еще больше увеличиваются при формировании речных (в малом водотоке) и, особенно, подземных вод, что отражается в средних значениях удельной электропроводности и степени насыщения вод относительно ряда минералов (табл. 1, рис. 1).

Существенное влияние на удельную электропроводность атмосферных осадков оказывают и метеосостояния (табл. 2) с учетом выявленной обратной зависимости между значениями EC и объемом воды в осадкомере между сроками наблюдений (коэффициенты корреляции: на пойме -0.33 ± 0.13 ; под сосной -0.35 ± 0.13 ; под дубом -0.39 ± 0.12 ; под калиной -0.41 ± 0.12 ; на картофельном поле -0.44 ± 0.12) и различий между этими объемами для разных объектов (коэффициенты корреляции со средней интенсивностью осадков на метеостанции: на пойме 0.48 ± 0.11 ; под сосной 0.29 ± 0.13 ; под дубом 0.57 ± 0.10 ; под калиной 0.48 ± 0.11 ; на картофельном поле 0.71 ± 0.07).

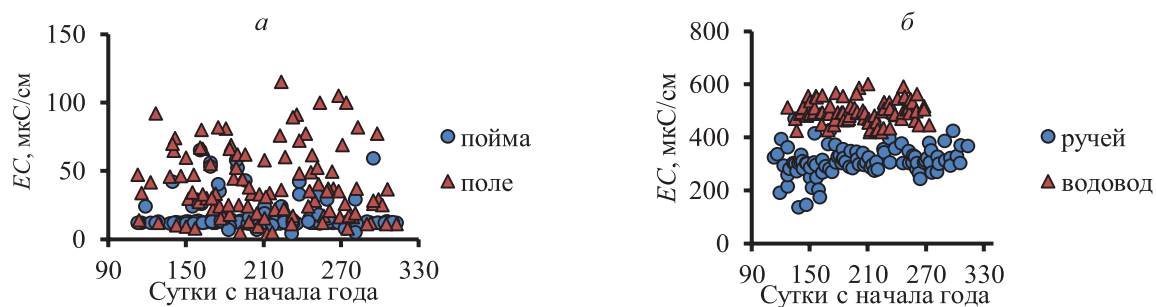


Рисунок 1 – Внутригодовое изменение (с 1 января каждого года за 2019 – 2023 гг.) удельной электропроводности EC атмосферных осадков (а), а также воды в малом водотоке и водоводе (б)

Следует отметить и интересные особенности внутригодового распределения удельной электропроводности вод малого водотока и общего солевого стока. Обычно для рассматриваемой территории характерно снижение минерализации и удельной электропроводности речных вод в весенне-летний период [4]. Но в данном случае выявлен достаточно большой разброс значений EC , что объясняется поступлением в русло поливных вод. Исходная подземная вода содержит заметно большее количество растворенных солей, что и сказывается на состоянии малого водотока. Но даже несмотря на это влияние, расчетный вынос солей с поверхностными водами существенно меньше их поступления с атмосферными осадками на участки с разными типами растительного покрова (табл. 2), что связано не только с погрешностью вычислений и биопотреблением солей на рассматриваемой территории, но и их аккумуляцией в грунтах и вынос в подземные водоносные горизонты. Последнее обстоятельство свидетельствует о том, что расчетные значения испарения в теплый период завышены. Средний слой стока р. Киргизка в створе с. Кузовлево за 1982 – 1994 гг. составляет 196 мм/год, а слой его подземной составляющей – 70 мм/год [4]. Если принять это значение и для рассматриваемой территории, то среднее испарение в безснежный период составляет 432 мм, а в целом за год – 502 мм (табл. 2).

Таблица 2

Элементы водного и геохимического баланса водосбора в среднем за 2019 – 2023 гг.

Период	T_a	P_{smf}	P_r	E_{wp}	E_{sp}^*	Y_{sf}	$G(p)$	$G(n)$	$G(c)$	$G(d)$	$G(k)$	$G(o)$
	°C	мм					мг/(сут·м²)					
I	-15.4	0	0	4	0	0.0	–	–	–	–	–	–
II	-13.0	0	0	6	0	0.0	–	–	–	–	–	–
III	-4.5	31	4	10	6	0.0	–	–	–	–	–	–
IV	3.7	115	8	4	45	0.4	2.31	11	–	5	–	18
V	12.3	1	37	0	97	0.2	0.53	89	462	56	36	35
VI	16.0	0	72	0	106	0.2	0.63	101	244	46	38	69

Период	T_a °C	P_{smf}	P_r	$E_{вр}$	E_{sp}^*	Y_{sf}	$G(p)$	$G(n)$	$G(c)$	$G(d)$	$G(k)$	$G(o)$
		мм					мг/(сут·м²)					
VII	19.0	0	77	0	109	0.1	0.07	68	325	75	39	61
VIII	17.1	0	49	0	82	0.0	0.05	87	447	90	40	53
IX	9.8	0	54	0	41	0.0	0.01	73	392	67	37	76
X	3.4	2	37	3	15	0.0	0.08	67	302	81	52	26
XI	-7.7	6	10	5	1	0.0	0.15	90	398	49	53	83
XII	-14.2	0	0	4	0	0.0	—	—	—	—	—	—
Год	2.2	155	348	36	502 (432)	0.8	—	—	—	—	—	—

Примечание: T_a – температура атмосферного воздуха на метеостанции Томск; Y_{sf} – сток малого водотока по данным измерений; расчетные значения: P_{smf} – водоотдача из снежного покрова; P_r – дождь; $E_{вр}$ – испарение с поверхности снега; E_{sp}^* – испарение с открытой поверхности водосбора (без снега) с учетом поправки в предположении, что подземный сток и изменение влагозапасов в водосборе стремятся к нулю; 432 мм – с поправкой на предполагаемую инфильтрацию; G – вынос по водотоку (р) и поступление минеральных солей с атмосферными осадками на квадратный метр в сутки на пойме (п), картофельном поле (о), под сосной (с), дубом (д) и калиной (к)

Выводы. Выявлено, что растительный покров оказывает значимое влияние на состав атмосферных осадков, которые поступают на земную поверхность, что необходимо учитывать при оценке элементов геохимического баланса территорий. Многообразие гидрологических и геохимических процессов в агроландшафте приводит к тому, что статистически значимые связи между «входным» воздействием на водосбор и гидрохимическим стоком малого водотока в расчетном створе практически отсутствуют; имеется лишь общее повышение значений тех или иных геохимических показателей.

Работа выполнена за счет средств гранта РНФ № 23–27–00039.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета водохозяйственного баланса водных объектов. – М.: МПР России, 2007. – 41 с.
2. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200000 / отв. ред. Э.К. Буренков. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 92 с.
3. Пасечник Е.Ю., Гусева Н.В., Савичев О.Г., Лыготин В.А., Балобаненко А.А., Домаренко В.А., Владимирова О.Н. Микроэлементный состав подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны в бассейне Верхней Оби как фактор формирования их эколого-геохимического состояния // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 4. 54–63. DOI 10.18799/24131830/2020/4/2593.
4. Савичев О.Г. Гидроэкологическое обоснование водохозяйственных решений: монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – 166 с. <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2021/m63.pdf>
5. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage. Water Resources, Development and Management Service FAO, 1998, no. 56, pp. 1–276.

ЭЛЕМЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА МЯСТРО (НАРОЧАНСКИЕ ОЗЕРА, БЕЛАРУСЬ)

THE CARBON BALANCE ELEMENTS OF MESOTROPHIC LAKE MYASTRO (NAROKH LAKES, BELARUS)

Ю. К. Верес, Б. В. Адамович

Y. K. Veres, B. V. Adamovich

Белорусский государственный университет, БГУ

г. Минск, Республика Беларусь

veres.julia.naroch@gmail.com

Belarusian State University, BSU

Minsk, Republic of Belarus

Круговорот углерода, как основного элемента органического вещества, является одним из ключевых факторов функционирования водных экосистем земного шара. Однако изучение пресноводных экосистем в этом направлении развито слабо. Мезотрофное озеро Мястро входит в состав Нарочанской группы озер и имеет богатую историю гидробиологических наблюдений. Результаты этих наблюдений, а также