

УДК 557.6

Канд. биол. наук

Канд. геогр. наук  
PhDЛ.Х. Акбаева<sup>1</sup>Н.С. Мамытова<sup>1</sup>Е.А. Тулегенов<sup>1</sup>Г.А. Адильбектеги<sup>1</sup>K. Szoskiewicz<sup>2</sup>

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОДОЕМОВ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** озера, самоочищение, биологический показатель кислорода, растворимость кислорода, бактериопланктон, динамика, аллохтонный, фотосинтез, деструкция, автохтонный, водоемы, интенсивность

*Большинство озер Акмолинской области за последние годы подверглись ускоренной эвтрофикации. В этой связи, целью данной работы являлось: изучение сезонной динамики самоочищающего потенциала водоемов Акмолинской области: оз. Султангельды, Вячеславского водохранилища, оз. Копя, оз. Зеренды, оз. Бурабай, оз. Улкен Шабакты, оз. Киши Шабакты, оз. Щучье, оз. Карасье. Были изучены кислородные показатели озер по месяцам года. В результате, озера условно разделены на 3 группы по способности к самоочищению: низкая, средняя и высокая. Обнаружена динамика изменения самоочищающей способности по месяцам для каждого озера в отдельности и в группе. Выявлено, что наиболее интенсивно процессы самоочищения проходят в холодное время года декабрь-февраль месяцы. Ранее подобный анализ на способности к самоочищению на данных озерах не проводилась.*

**Введение.** Если сравнивать Акмолинскую область с соседними областями, то она относительно бедна водными ресурсами, имеет разреженную гидрографическую сеть, поэтому вопрос сбережения водных ресурсов стоит достаточно остро. Проблема усугубляется неблагоприятным изменением климатических факторов, таких как количество и равномерность осадков, средняя годовая температура и средняя температура в летний сезон [5].

<sup>1</sup>ЕНУ им.Л. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup>Университет естественных наук, г. Познань, Польша

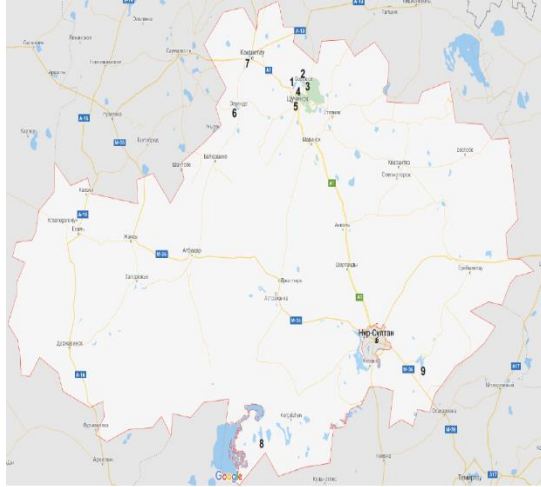
Естественная эвтрофикация озер области может значительно ускоряться усиливающимся антропогенным воздействием, а большинство озер с относительно небольшой глубиной могут оказаться под угрозой деградации и полного исчезновения [1, 3].

Если на более крупных водоемах, таких как озера Щучинско-Боровской курортной зоны, оз. Копа, оз. Карасу иногда проводят механическую очистку, то озера меньшего рыбохозяйственного значения остаются без внимания [8]. В этих случаях для сохранения качества водной среды большое значение имеют процессы самоочищения водоемов. Самоочищение водоемов как естественный процесс саморегуляции постоянства окружающей среды зависит как от физико-химических явлений, так и от гидробионтов [2, 3]. В частности, насыщение воды кислородом производится автотрофной частью ценотического сообщества, а в процессах минерализации органического вещества участвует гетеротрофный бактериопланктон [6].

Водные объекты Акмолинской области расположены в резко континентальной климатической зоне с большими колебаниями температуры воздуха, количества осадков [5]. В таких условиях восстановительные резервы озер не могут быть неизменными на протяжении внутригодового цикла. Возникает вопрос – в какое время года озера имеют наибольшие и наименьшие возможности самоочищения? В связи с этим в работе поставлена цель: изучить сезонную динамику самоочищающего потенциала водоемов Акмолинской области.

**Материалы и методы.** В сравнительном аспекте было изучено 9 озер Акмолинской области: проточные озера Султангельды, Вячеславское водохранилище, Копа, Бурабай, непроточные озера Зеренды, Улкен Шабакты, Киши Шабакты, Щучье, Карасье (рис. 1). Озера различаются по ряду гидрологических и гидроэкологических характеристик [7], которые прямо или косвенно могут влиять на самоочищающий потенциал водоемов. Данный потенциал складывается из определенных кислородных условий, обеспечивающих возможности водоема к минерализации органических веществ химическими или биологическими способами.

В озерах изучались такие кислородные показатели как количество растворенного кислорода (R), мг/дм<sup>3</sup> и биологическое потребление кислорода за 5 дней (БПК<sub>5</sub>). Пробы воды проводились в трех повторностях на каждом объекте исследования. В дальнейшем в лабораторных условиях анализировались на кислородомере Анион 4141 (Россия) непосредственно в тот же день [9].



*Рис.1. Ситуационная карта размещения озер Акмолинской области. 1 - Киши Шабакты, 2 - Улкен Шабакты, 3 - Бурабай, 4 - Карасье, 5 - Щучье, 6 - Зеренды, 7 - Кона, 8 - Султангельды, 9 - Вячесловское водохранилище.*

Нарушение баланса между процессом фотосинтеза и деструкции органических веществ может привести к ухудшению самоочищающей способности водоема. Интенсивность фотосинтеза может характеризоваться количеством растворенного кислорода в воде (R), тогда как об активности минерализации органических веществ бактериями можно судить по биологическому потреблению кислорода, в частности БПК<sub>5</sub>. В этом случае соотношение R/БПК<sub>5</sub> можно использовать как экспресс-тест для оценки самоочищающего потенциала водоема [7].

Нами был составлен ряд показателей количества растворенного кислорода (R) и БПК<sub>5</sub> в изучаемых озерах, а также вычислено соотношение этих показателей, как характеристики фотосинтезирующей активности в водоеме к его деструктивной способности: R/БПК<sub>5</sub>. Чем выше это соотношение, тем выше потенциал самоочищающей способности в водоемах, и наоборот – чем ниже соотношение, тем ниже способность водоема к самоочищению.

В табл. 1 представлены результаты измерений содержания кислорода и БПК<sub>5</sub> в озерах с января по декабрь 2018 г., а также, даны средние значения R/БПК<sub>5</sub> за месяц по всем озерам. Данный показатель дает возможность оценки сезонной динамики самоочищающей способности всех озер области.

Таблица 1

Сезонные показатели содержания кислорода и БПК<sub>5</sub> в озерах Акмолинской области

Кислородный показатель	Оз. Султангельды	Вячеславское водохранилище	Оз. Копа	Оз. Зеренды	Оз. Бурабай	Оз. Улкен Шабакты	Оз. Щучье	Оз. Киши Шабакты	Оз. Карасье	Среднее значение Р/БПК <sub>5</sub> по всем озерам
январь										
Р, мг/л	8,37	12,1	8,43	10,5	7,61	12,0	10,0	11,5	6,46	8,83± 2,05
БПК <sub>5</sub> , мг/л	2,44	0,86	6,90	1,47	0,98	0,99	0,83	0,82	0,33	
Р/БПК <sub>5</sub>	3,4	14,0	1,3	7,2	7,8	12,2	12,2	14,0	19,6	
февраль										
Р, мг/л	11,6	13,6	7,44	10,7	7,78	12,0	9,24	10,22	4,66	8,1± 1,3
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,11	3,43	1,81	0,82	0,98	0,99	6,72	1,0	0,48	
Р/БПК <sub>5</sub>	10,5	4,0	4,2	13,0	8,0	12,0	1,4	10,0	9,8	
март										
Р, мг/л	6,51	7,25	7,56	9,54	7,29	11,24	9,76	10,58	4,01	6,5± 1,03
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,17	13,3	1,64	0,98	1,14	1,21	1,13	1,15	0,97	
Р/БПК <sub>5</sub>	5,6	0,6	4,7	9,8	6,4	9,3	8,7	9,2	4,2	
апрель										
Р, мг/л	10,7	11,5	8,3	7,17	9,11	9,43	9,42	9,60	3,14	5,7± 1,08
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,65	3,59	6,94	2,27	1,46	0,81	0,98	1,92	0,81	
Р/БПК <sub>5</sub>	6,5	3,2	2,0	3,2	6,3	11,7	9,6	5,0	3,9	
май										
Р, мг/л	9,61	10,7	8,76	9,92	8,94	9,49	8,84	8,27	7,23	6,4± 1,41
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,02	1,85	4,91	4,09	1,16	0,96	0,65	0,85	1,25	
Р/БПК <sub>5</sub>	9,4	5,8	1,8	2,5	7,8	9,9	13,6	9,8	5,8	
июнь										
Р, мг/л	11,2	9,0	9,59	9,76	8,44	8,78	7,79	8,6	7,29	5,04± 0,42
БПК <sub>5</sub> , мг/л	3,69	1,45	2,31	2,29	1,32	1,47	1,15	2,78	1,32	
Р/БПК <sub>5</sub>	3,0	6,3	4,0	4,3	6,4	6,0	6,8	3,0	5,6	
июль										
Р, мг/л	6,78	8,42	9,38	6,77	6,98	7,95	8,29	7,96	7,13	6,38± 1,52
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,90	1,8	2,79	1,48	0,98	0,99	0,49	1,48	1,98	
Р/БПК <sub>5</sub>	3,6	4,7	3,4	4,6	7,2	8,0	17,0	5,4	3,6	
август										
Р, мг/л	11,6	10,7	9,82	9,49	7,10	7,29	8,91	8,87	3,93	4,76± 0,92
БПК <sub>5</sub> , мг/л	2,98	1,27	6,70	1,63	0,97	4,59	0,93	6,55	1,32	
Р/БПК <sub>5</sub>	3,9	8,5	1,5	5,9	7,4	1,6	9,6	1,4	3,0	
сентябрь										
Р, мг/л	10,1	10,2	6,73	10,46	8,73	8,24	8,57	9,39	6,61	6,26± 1,34
БПК <sub>5</sub> , мг/л	3,19	1,52	6,69	0,81	1,63	0,64	0,81	1,63	2,94	

Кислородный показатель	Оз. Султангельды	Вячеславское водохранилище	Оз. Копа	Оз. Зеренды	Оз. Бурабай	Оз. Улкен Шабакты	Оз. Щучье	Оз. Киши Шабакты	Оз. Карасье	Среднемесячное значение R/БПК <sub>5</sub> по всем озерам
R/БПК <sub>5</sub>	2,2	6,8	1,0	13,0	5,4	12,0	7,0	5,8	2,2	
октябрь										
R, мг/л	12,9	15,0	10,3	10,2	10,85	9,87	10,5	10,03	9,21	11,87± 2,9
БПК <sub>5</sub> , мг/л	1,86	0,87	2,62	0,99	1,31	0,33	0,66	0,82	0,64	
R/БПК <sub>5</sub>	7,0	17,3	4,0	10,4	8,3	30,0	16,0	12,3	1,6	
ноябрь										
R, мг/л	12,9	15,5	10,7	10,6	10,37	10,0	9,71	9,54	9,71	10,85± 1,89
БПК <sub>5</sub> , мг/л	4,03	0,74	3,26	1,64	1,31	0,48	0,66	0,98	0,81	
R/БПК <sub>5</sub>	3,2	20,0	3,4	6,5	8,0	20,0	14,8	9,8	12,0	
декабрь										
R, мг/л	13,6	13,0	13,1	12,7	11,89	11,4	11,39	11,24	11,56	19,48± 3,29
БПК <sub>5</sub> , мг/л	2,0	0,68	1,69	1,14	0,47	0,51	0,32	0,50	0,98	
R/БПК <sub>5</sub>	6,6	19,0	7,8	11,2	25,0	36,0	36,0	22,0	11,8	

Самоочищающая способность в озерах Акмолинской области с января по декабрь 2018 г. может быть оценена по показателю R/БПК<sub>5</sub>. В среднем в теплое время года с апреля по август соотношение R/БПК<sub>5</sub> по озерам наименьшее и колеблется от 4,76±0,92 до 6,4±1,41. В холодное время года значения соотношения R/БПК<sub>5</sub> повышаются и достигает в среднем до 19,48±3,29 в декабре месяце. Объяснение данному явлению возможно дать исходя из того, что в холодное время года с одной стороны уменьшается биопродуктивность, а значит и поступление автохонтного мертвого органического вещества в озеро. С другой стороны, с понижением температуры увеличивается растворимость кислорода в воде. Твердые осадки также могут препятствовать поступлению аллохонтного органического вещества. Следовательно, в холодное время года процессы самоочищения в водоемах протекают достаточно интенсивно.

Среднегодовые значения соотношения R/БПК<sub>5</sub> по каждому озеру позволили сравнить озера между собой (табл. 2). Относительно высокой среднегодовой очистительной способностью отличаются озера Улкен Шабакты (R/БПК<sub>5</sub> 14,06±2,66), Бурабай (R/БПК<sub>5</sub> 12,42±1,74), Щучье (R/БПК<sub>5</sub> 11,59±3,07) (табл. 2). В данном ряду озер средняя самоочищающая способность в водохранилище Вячеславское (R/БПК<sub>5</sub> 9,18±1,72), в озерах Киши Шабакты (R/БПК<sub>5</sub> 8,98±1,82) и Зеренды (R/БПК<sub>5</sub> 7,63±0,77).

Наименьшая очистительная способность среди изученных водоемов по кислородным показателям показали озера Карасье ( $R/БПК_5$   $6,93 \pm 1,59$ ), Султангельды ( $R/БПК_5$   $4,79 \pm 0,84$ ), Копа ( $R/БПК_5$   $3,26 \pm 0,60$ ).

Таблица 2

Среднегодовое соотношение  $R/БПК_5$  в водоемах Акмолинской области

Название	Среднее годовое по озеру $R/БПК_5$	Относительная степень самоочищающей способности водоемов
Оз. Улкен Шабакты	$14,06 \pm 2,66$	высокая
Оз. Бурабай	$12,42 \pm 1,74$	
Оз. Щучье	$11,59 \pm 3,07$	
Вячеславское водохранилище	$9,18 \pm 1,72$	средняя
Оз. Киши Шабакты	$8,98 \pm 1,82$	
Оз. Зеренды	$7,63 \pm 0,77$	
Оз. Карасье	$6,93 \pm 1,59$	низкая
Оз. Султангельды	$4,79 \pm 0,84$	
Оз. Копа	$3,26 \pm 0,60$	

В группе озер с высокой самоочищающей способностью, таких как Улкен Шабакты, Бурабай и Щучье, сезонная динамика между озерами в целом сходна и показывает меньшие значения в более теплое время года (с апреля по август). Более высокие значения наблюдаются в октябре-декабре, когда  $R/БПК_5$  достигает 36 (рис. 2).

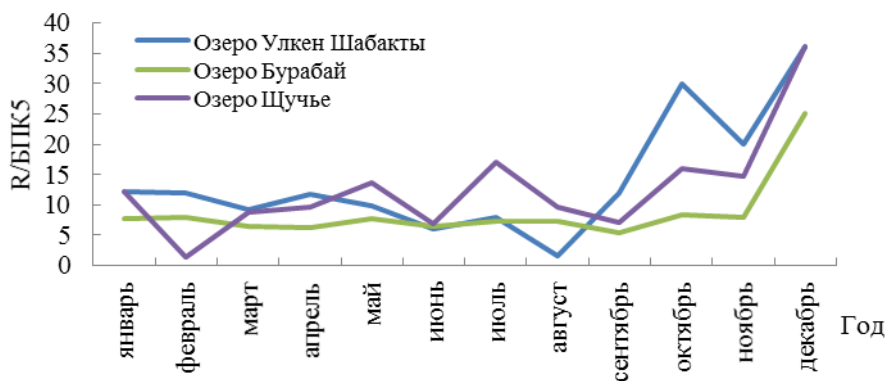


Рис. 2. Динамика  $R/БПК_5$  по месяцам года в озерах с высокой самоочищающей способностью.

Озера со средними значениями очищения, таких как Вячеславское водохранилище, Киши Шабакты и Зеренды, имеют большой разброс отклонений от средней по всем видам озер, но общая тенденция сохраняется: более низкие значения  $R/БПК_5$  в теплое время года (с марта по август) в отличие от зимних месяцев (декабрь и январь) (рис. 3).



Рис.3. Динамика  $R/BPK_5$  по месяцам года в озерах со средней самоочищающейся способностью.

Отличия средних значений  $R/BPK_5$  по месяцам года в озерах с низкой самоочищающейся способностью, таких как озера Карасье, Султангельды, Копа (рис. 4), имеют большой разброс в зимние месяцы и практически без отклонений от средней идут низкие значения в теплое время года. То есть в данной группе озер, особенно в оз. Карасье и оз. Копа, нарушены соотношения кислородных показателей по сезонам, следовательно, идет слабое самоочищение как в теплое, так и в холодное время года. Наиболее вероятное объяснение нарушения зимних процессов самоочищения – загрязнение химическими загрязнителями, которое угнетает функциональную активность гетеротрофного бактериопланктона.

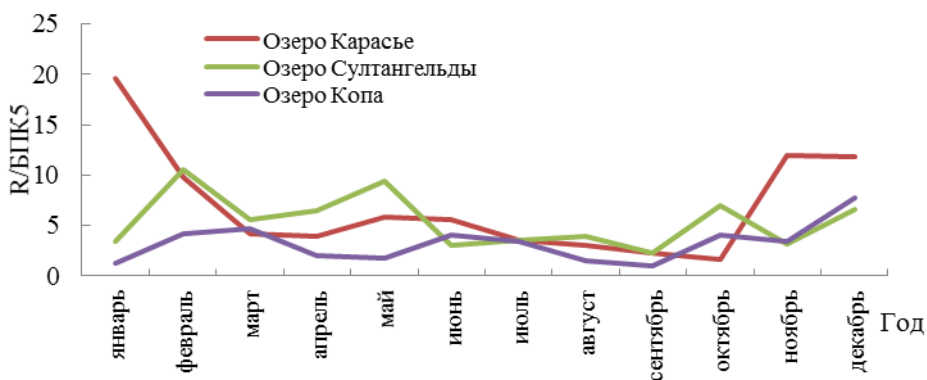


Рис.4. Динамика  $R/BPK_5$  по месяцам года в озерах с низкой самоочищающейся способностью.

**Выводы.** Таким образом, на основании результатов анализа проб воды изученных озер, взятых последовательно в разные месяцы 2018 г., вне зависимости от погодных условий сделаны следующие выводы:

Изученные водоемы Акмолинской области можно условно разделить на озера с высокой самоочищающейся способностью (оз. Улкен Шабакты, оз. Бурабай, оз. Щучье), средней самоочищающейся способностью (Вячеславское водохранилище, оз. Киши Шабакты, оз. Зеренды) и низкой самоочищающейся способностью (оз. Карасье, оз. Султангельды, оз. Копа).

В среднем в теплое время года с апреля по август соотношение  $R/БПК_5$  по озерам Акмолинской области наименьшее и колеблется от  $4,76 \pm 0,92$  до  $6,4 \pm 1,41$ . В холодное время года значения соотношения  $R/БПК_5$  повышаются и достигают в среднем до  $19,48 \pm 3,29$  в декабре месяце. Это свидетельствует о том, что в водоемах в холодное время года процессы самоочищения протекают интенсивнее.

В группе озер с низкими среднегодовыми показателями самоочищения, особенно в оз. Карасье и оз. Копа, нарушены процессы самоочищения как в теплое, так и в холодное время года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остроумов С. А. Сохранение качества вод и совершенствование системы принципов анализа экологической опасности антропогенных воздействий на водные экосистемы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2004. – Т. 6. – № 6. – С. 617-632.
2. Остроумов С. А. Самоочищение воды в пресноводных и морских экосистемах // *Ecological Studies, Hazards, Solutions*. – 2006. – Т. 11. – С. 121–130.
3. Остроумов С. А., Федоров В. Д. Основные компоненты самоочищения экосистем и возможность его нарушения в результате химического загрязнения // Вестник Московского университета. Сер. 16: Биология. – 1999. – № 1. – С. 24–32.
4. Розумная Л. А. Антропогенная эвтрофикация пресноводных озер средней полосы России // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 78-80.
5. Чередниченко В.С., Чередниченко А.В. Ожидаемые изменения климата в северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. –2019.– № 1 (92). – С. 7-19.
6. Akbayeva, L., Muratov, R., Zhamangara, A., Beisenova, R., Zhantokov, B. Seasonal Dynamics of Phytoplankton and Bacterial Plankton Characteristics in EsilRiver // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – 2014. – Vol. 11. – № 3.– P. 1087-1093. <https://doi.org/10.13005/bbra/1493>



7. Mamytova N.S., Akbaeva L.H., Zhumabekova A.Zh., Tulegenov E.A., Aubakirova B.N. The study of self-treatment capacity of water bodies by annual average in dicesign Akmola region // Вестн. Карагандинского университета. Сер. Биология. Медицина. География – 2018.– № 4(92). – С.39-45.

Поступила 13.03.2019

Биол. ғылымд. кандидаты

Л.Х. Ақбаева

Н.С. Мамытова

Е.А. Тулегенов

Геогр. ғылымд. кандидаты

Г.А. Адильбектеги

PhD

K. Szoskiewicz

### **АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ӨЗІНДІК ТАЗАЛАУ ҚАБІЛЕТІНІҢ МЕЗГІЛДІК ДИНАМИКАСЫ**

**Түйін сөздер:** көлдер, өзіндік тазалану, оттегінің биологиялық көрсеткіші, оттегінің ерігіштегі, бактериопланктон, динамика, аллохтонді, фотосинтез, деструкция, автохтонді, су қоймасы, қарқындылық

*Соңғы жылдарда, Ақмола облысы маңындағы көптеген көлдер эвтрофикацияның жедел түріне ұшырауда. Осыған байланысты, жұмыстың маңызды мақсаты болып: Ақмола облысының кейбір көлдерінде Султангелды, Вячесловский су қоймасы, Қона, Зеренді, Бурабай, Улкен Шабақты, Кіші Шабақты, Шучье, Карасьеде оттегінің көрсеткіштері өлшенді, ерітілген оттегі мөлшері, 5 оттегінің биологиялық жумсалуы, осының негізінде көлдің өзіндік тазалану қабілеттілігі жыл айлары бойынша бағаланды. Көлдер орта жылдық көрсеткіштер бойынша өзіндік тазалану қабілеттілігіне қарай шартты түрде 3 топқа бөлінді: төмен, орта, және жоғары. Сондай-ақ әр көл үшін және топтар үшін айлар бойынша өзіндік тазалану қабілеттілігінің өзгеру динамикасы байқалды. Анықталғандай, өзіндік тазалану процессі қарқынды түрде мезгілдің суық негізінде, желтоқсан-ақпанайларында жүреді. Алдыңғы уақыттарда көлдердің өзіндік тазалауына қатысты талдаулар жүргізілмеген.*

L. Kh. Akbayeva, N. S. Mamytova, E. A. Tulegenov, G.A. Adilbektegi,  
K. Szoskiewicz

### **SONAL DYNAMICS OF SELF-PURIFICATION ABILITY OF RESERVOIRS OF AKMOLA REGION**

**Key words:** lakes, self-purification, biological oxygen index, oxygen solubility, bacterioplankton, dynamics, allochthonous, photosynthesis, destruction, autochthonous, reservoirs, intensity

*Most of the lakes of Akmola oblast have undergone accelerated eutrophication in recent years. In this regard, the aim of this work was: to study the seasonal dynamics of the self-cleaning potential of water bodies in a number of lakes in the Akmola region of Sultangeldy, Reservoir-Vyacheslavskoye, Kopa, Zerendy, Burabay, Ulken Shabakty, Kishi Shabakty, Shchuchye, Karasye. Were studied the oxygen indices of the lakes by the months of the year. As a result, the lakes are conditionally divided into 3 groups according to their self-cleaning ability: low, medium and high. The dynamics of changes in self-cleaning ability by months for each lake individually and in a group was found. It has been revealed that the most intensive self-cleaning processes take place in the cold season of December-February. Previously, a similar analysis for self-cleaning ability on these lakes was not carried out.*