

положенных на разных гипсометрических уровнях. Заболоченность возвышенности 4—6 %. Преобладают верховые и переходные болота, приуроченные к моренным отложениям центральной части Витебской возвышенности. Это связано с большим количеством осадков на значительных высотах. Наиболее крупные из низинных болот — Бутяжный и Городнянский Мох — обязаны своим образованием близкому залеганию грунтовых вод у поверхности земли. Переход одного типа болот в другой можно проследить по чередованию торфяных отложений разного состава [5]. Переход низинного болота в верховое становится возможным при уменьшении обводненной толщи на 0,4—0,7 м в меженный период. Современное заболачивание выражается в образовании трясиновой кромки вдоль береговой линии, сокращении озер в размерах.

На основании результатов исследований и с учетом принципов работы [6], автором предложена классификация экзогенных процессов Витебской возвышенности (см. табл. 1). Эта классификация отражает комплексный пространственно-временной подход к изучению экзогенных процессов, учитывает влияние антропогенных факторов и возможность их прогноза.

Таким образом, в заключение можно отметить, что на верхнечетвертичных отложениях Витебской возвышенности наиболее ярко проявляются эрозивно-аккумулятивные экзогенные процессы (результат деятельности временных и постоянных водотоков). Ограниченное распространение получили гравитационные процессы, эоловые, карстово-суффозионные, болотообразование.

Природные и техногенные экзогенные процессы, тесно связанные в едином рельефообразующем комплексе, преобразуют преимущественно четвертичные отложения и выражаются в изменении молодых форм ледникового (поозерского оледенения) рельефа. Увеличение техногенной нагрузки на природные комплексы должно сочетаться с увеличением масштабов и объема природоохранных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садов А. В., Ревзон А. Л. — Вестн. МГУ. Сер. география, 1972, № 5, с. 50.
2. Богомолов Л. А. Дешифрирование аэроснимков. — М., 1976.
3. Жилко В. В., Болдышев В. С., Телешев Л. С. — В сб.: Почвоведение и агрохимия, Минск, 1978, вып. 1, с. 45.
4. Болотина Н. М., Соколов Д. С. Карст района Витебских порогов: Бюл. МОИП, отд. геологический. — М., 1954, т. 29, вып. 4, с. 61.
5. Рубцов Н. И. — В кн.: Природа болот и методы их исследований. Л., 1967, с. 22.
6. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. — Л., 1977.

УДК 556.08 : 556.048

Л. В. ГУРЬЯНОВА, Г. М. БАЗЫЛЕНКО

ОЦЕНКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МАЛЫХ ЭВТРОФНЫХ ОЗЕР БЕЛОРУССИИ

При прогнозировании реакции малых водных объектов на происходящие изменения в окружающем природном комплексе, вызванные интенсификацией хозяйственной деятельности, особое значение приобретают учет и сопоставление гидродинамических факторов (проточность, термическая неоднородность по акватории водоема, особенность температурного расслоения в период летней стагнации, длительность и интенсивность вертикального перемешивания), в значительной мере влияющих на распределение, перемещение эвтрофирующих поступлений в водной массе, а также на условия возможной деэвтрофикации. В этой связи оценка причинно-следственных связей гидродинамических факторов по показателям гидравлической и динамической нагрузки, стабильности водных масс, гидродинамического объема выполнена на примере малых озер (Ильменок, Потех, Медведно) системы реки Друйки бассейна За-

падной Двины, по комплексу лимнологических показателей, относящихся к подтипу эвтрофных неглубоких [8] (см. таблицу).

Лимнологические и гидродинамические показатели эвтрофных неглубоких озер

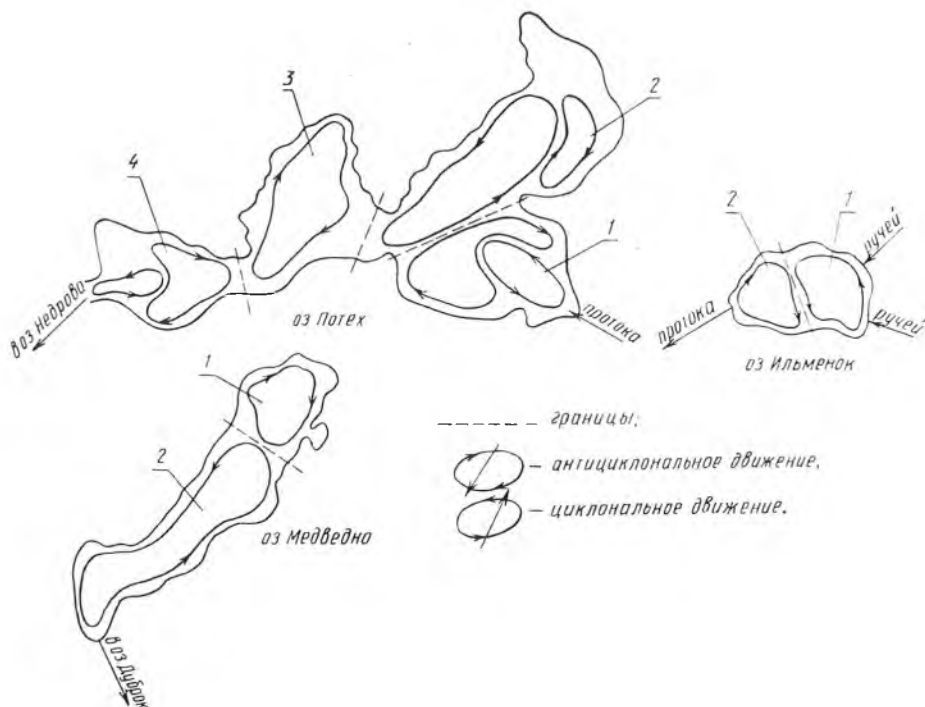
Озеро, геометрическая форма котловины	Показатели							
	лимнологические					гидродинамические		
	$V_{оз}$, млн. м ³ $S_{оз}$, км ²	минерализация воды, мг/л	окисляемость, мгО ₂ /л	биомасса фитопланктона, г/м ³	зольность донных отложений, %	q_s	q_v	$V_{q'}$, млн. м ³
Ильменок, параболоидическая	0,62 0,20	249,0	7,3	2,38	77	24,85	1,20	18,48
Потех, параболоидическая	4,52 1,35	238,8	7,9	13,20	68	4,13	1,40	26,13
Медведно, коническая	1,91 0,44	128,7	5,6	7,32	42	3,16	0,51	3,08

Примечание: условные обозначения показателей в тексте; данные колонок 2-6 — по материалам ОНЙЛ озераведения БГУ имени В. И. Ленина.

Водосбор оз. Ильменок (26,9 км²) среднехолмистый, распахан, облесенность 14,2 %. Котловина озера термокарстового типа с высокими (10—20 м) крутыми склонами; средняя глубина озера 3,1 м (максимальная 6,2 м). Неширокой протокой длиной около 0,7 км оз. Ильменок соединяется с оз. Потех, водосбор которого (32,3 км²) крупно- и среднехолмистый, распахан, облесенность 12%. Котловина сложного типа с повышенными (до 10 м) крутыми склонами; средняя глубина озера 3,4 м (максимальная 9,1 м). Водосбор оз. Медведно (3,2 км²) мелко- и среднехолмистый, облесенность 97,5 %. Котловина озера ложбинного типа с повышенными (до 10 м) крутыми склонами; средняя глубина 4,3 м, максимальная 9,9 м.

Степень реального воздействия водосбора на озеро через величину стока с бассейна показывает, что в течение года наиболее водообменно оз. Ильменок со сменой объема воды в среднем за полтора месяца (в период весеннего половодья — за четверо суток); у озер Потех, Медведно — от года до полутора лет, и соответственно гидравлическая нагрузка (q_s), рассчитанная по методу [1], в группе сравниваемых озер для оз. Ильменок будет наибольшей (см. таблицу). Основным источником эвтрофирующих поступлений в озера Ильменок и Потех является сельхозпроизводство: годовая нагрузка общим фосфором, по данным [2], для оз. Ильменок составляет 0,8 г/м², для оз. Потех — 0,2 г/м². На лесное оз. Медведно влияние хозяйственной деятельности ограничено. Однако реакция малых водных объектов зависит не только от характера и количества поступающих биогенных элементов, но и от доступности гидробионтам, которая лимитируется особенностями термических, динамических условий водоемов.

Плановые и глубинные термосъемки, проведенные в феврале, июне — июле 1983 г. на данных озерах, позволили выявить устойчивую во времени и пространстве термическую неоднородность по акватории водоемов (по горизонтам до 2 °С), которая в оз. Ильменок обусловлена локализованным распространением притока ручьевых вод, в озерах Потех, Медведно — морфометрическими особенностями котловины (плесы, неравномерное распределение глубин). В результате водные массы озер схематизированы в виде смежных блоков, различных по температурному режиму. В оз. Ильменок граница между зоной распространения ручьевых вод (блок 1) и блоком 2 проходит по поперечной оси водоема на расстоянии 0,3 км от восточного берега. В оз. Потех выделены четыре блока, соответствующие четырем плесам озера; в оз. Медведно — два блока, соответствующие северной сравнительно глубоководной и южной



Схемы течений в озерах, составленные методом аномалий температур (июнь—июль 1983):

1, 2, 3, 4 — блоки водных масс

мелководной частям котловины. Выявленная термическая неоднородность по акватории озер способствует формированию циркуляционной системы течений, обеспечивающей внутриозерный обмен веществом и энергией. Методом аномалий температур [3] составлены схемы плотностных циркуляций (см. рисунок). Анализ расчетных схем показывает, что в июне-июле 1983 г. более 40 % объема воды оз. Ильменок и 60 % объемов водных масс озер Потех и Медведно охвачено циклональным движением, сопровождающимся поднятием придонных вод. Эти области прослеживаются по куполам сравнительно холодных вод на картах изотерм, по отрицательным значениям местных аномалий температур. По нашим наблюдениям, термическая неоднородность по акватории озер и соответствующие циркуляции сохраняются при скорости ветра до 4 м/с. Поскольку в период исследований, по данным метеостанции Шарковщина, наибольшую повторяемость (15—12 %) имели ветры З и СЗ направлений со средними скоростями 3 и 2,7 м/с, полученные схемы движения озерной воды в целом репрезентативны для данного периода. При более интенсивных динамических воздействиях (скорость ветра выше 4 м/с) развивается система ветровых и компенсационных течений, которая наиболее характерна для оз. Потех, продольная ось которого совпадает с направлением преобладающих ветров, а длина разгона (1,1 км) наибольшая среди сравниваемых озер. В переходные периоды (весна, осень) возрастает роль стоковых течений в озерах Ильменок, Потех. На основании расчетов по методике [4] установлено, что в период весеннего половодья влияние ручьевых вод ощутимо сказывается на скорости движения озерной воды в оз. Ильменок на расстоянии 150 м от устьев ручьев, в оз. Потех — на 300 м.

Оценка и сравнение годового хода перемешивания водных масс проведена по величине стабильности (D_z^T) по методике [5], согласно которой с повышением стабильности водных масс уменьшается масштабность перемешивания и, наоборот, с понижением стабильности интен-

сивность перемешивания воды возрастает, и показателю динамической нагрузки (q_v), определяемому по выражению: $q_v = \sigma T / H_{\text{ср}}$, где $\sigma T = T_{\text{л}} / T_{\text{з}}$, $T_{\text{л}}$, $T_{\text{з}}$ — наибольшие температуры придонного слоя воды на максимальной глубине соответственно в летнюю стагнацию и перед вскрытием ледового покрова, °С; $H_{\text{ср}}$ — средняя глубина водоема, м.

По данным исследований выявлено, что с конца октября до середины ноября водные массы озер преимущественно конвективно перемешиваются, стабильность равна нулю. С установлением устойчивого ледяного покрова (первая декада января — третья декада марта) зимняя стратификация ограничивает масштаб перемешивания, стабильность (D_z^T) постепенно увеличивается и к концу ледостава составляет в среднем для озер 1,3 г·см/см². Короткий период весенней гомотермии (середина апреля) с лабильными водными массами ($D_z^T = 0$) сменяется периодом общего уменьшения масштаба перемешивания, нарастания стабильности с максимумом в июле в среднем до 17,3 г·см/см² для оз. Ильменок, 16,2 г·см/см² для оз. Потех, 43,2 г·см/см² для оз. Медведно. В период летней стагнации в оз. Ильменок более 50 % объема водной массы приходится на верхний трехметровый однородный по температуре слой, ниже которого температура воды уменьшается, достигая в июле 12 °С в придонном слое. Оз. Потех отличается слабостратифицированной водной массой со средней температурой придонного слоя в июле 14,8°. Оз. Медведно в этот период стратифицировано на эпи- (70 % объема до пятиметровой глубины), мета- (25 %) и гипolimнион (5 %) с придонной температурой в июле 7,6 °С. С августа масштаб перемешивания водных масс озер увеличивается. Сопоставление внутригодового хода перемешивания по показателям стабильности (D_z^T) и динамической нагрузки (q_v) показало, что водные массы оз. Медведно наиболее слабо перемешиваемые: $q_v = 0,5$, это более чем в два раза меньше по сравнению с q_v оз. Ильменок, Потех (см. таблицу). В целом ежегодно ветром и силой тяжести прodelывается работа по проветриванию придонных слоев (π), рассчитанная по методике [5], которая для оз. Ильменок в среднем составляет 18,4 г·см/см², оз. Потех — 83,2 г·см/см², оз. Медведно — 8,7 г·см/см².

Расчет показателя q_v по блокам водных масс озер выявил, что в оз. Ильменок годовая интенсивность перемешивания в области распространения ручьевых вод (блок 1) в три раза больше, чем в блоке 2; в оз. Потех — в мелководных блоках 1 и 4 почти в пять раз больше, чем в глубоководных блоках 2 и 3. В оз. Медведно для глубоководного блока 1 $q_v = 0,6$, для мелководного блока 2 $q_v = 1,1$.

Интенсивность перемешивания вод озер в период летней стагнации оценена по коэффициенту турбулентной теплопроводности ($K_{z,\tau}$), рассчитанному по методике [5], с учетом объемов, участвующих во внутреннем водообмене, по методике [6]. Расчет суточного поглощения тепла показал, что в июне в эвфотическую зону (0—3 м) оз. Ильменок поступает 6,7 Дж/(м·°С·с) тепла, в эвфотическую зону (0—4 м) оз. Потех — 130,7 Дж/(м·°С·с), в эвфотическую зону (0—3,5 м) оз. Медведно — 71,6 Дж/(м·°С·с). В оз. Потех суточное поглощение тепла наименьшее в блоке 1 — 10,5 Дж/(м·°С·с), наибольшее в блоке 2 — 87,1 Дж/(м·°С·с). В оз. Медведно поступление тепла в блок I составляет 41,9 Дж/(м·°С·с), в блок 2 — 32,7 Дж/(м·°С·с). Перенос тепла в глубинные слои в течение суток происходит неравномерно, прослеживаются флуктуации значений $K_{z,\tau}$ с периодом 8 ч, что связано, по мнению [7], с механизмом передачи тепла в эпимлинион в виде кольцевых вихрей.

Оценка суточного вертикального внутреннего водообмена (для озер Потех и Медведно) с учетом объемов воды и теплозапасов выделенных четырех слоев (средняя мощность слоя около 2 м) показала, что наибольший вертикальный водообмен в озерах происходит между первым и вторым слоями от поверхности (в оз. Потех: $\Delta V_{1-2} = \Delta V_{2-1} = 0,47$ млн·м³; в оз. Медведно — 0,15 млн·м³) и вторым и третьим слоями (в оз. Потех:

$\Delta V_{2-3} = \Delta V_{3-2} = 0,17$ млн·м³; в оз. Медведно — 0,01 млн·м³). Следовательно, пятиметровая толща воды в оз. Потех и шестиметровая в оз. Медведно в течение суток участвует во внутреннем вертикальном водообмене. Нижние слои озер — консервативные с минимальной долей участия в водообмене с другими слоями.

Количественная оценка целостной гидродинамической обстановки озер с учетом объема их водных масс, годовой динамики в горизонтальной и вертикальной плоскостях выполнены по показателю гидродинамического объема (V_q): $V_q = q_s \cdot q_v \cdot V_{оз}$, м³, где q_s , q_v — соответственно гидравлическая и динамическая нагрузки; $V_{оз}$ — объем озера, м³. В зависимости от причинно-следственных связей гидродинамических факторов озерных процессов соотношение гидродинамических (V_q) и естественных ($V_{оз}$) объемов изменяется: для оз. Ильменок как 1:30, для оз. Потех 1:6, для оз. Медведно 1:2. Высокие значения гидравлической и динамической нагрузок оз. Ильменок обусловили сопоставимость показателя V_q озера с гидродинамическим объемом оз. Потех, естественный объем которого в семь раз больше (см. таблицу). В группе сравниваемых озер самоочищающие возможности оз. Медведно, обусловленные гидродинамическими процессами, ограничены ($V_q = 3,1$ млн·м³).

Таким образом, проведенная оценка гидродинамических факторов озерных процессов на примере трех эвтрофных неглубоких озер указывает на неоднозначность экологической обстановки водоемов в пределах одного генетического подтипа, что вызывает необходимость учета причинно-следственных связей гидродинамических факторов, количественной оценки целостной гидродинамической обстановки малых водоемов и их частей в прогнозировании реакции водных объектов на дополнительное поступление питательных веществ с водосбора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vollenweider R. A.— Schweiz. Z. Hydrol., 1975, Bd., 37, 1, S. 53.
2. Власов Б. П., Романов В. П.— С сб.: История озер в СССР: Тез. докл. VI Всесоюзного совещания. Таллин, 1983, т. 1, с. 56.
3. Базыленко Г. М. и др.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1983, № 2, с. 41.
4. Давтян Н. А.— Труды ГГИ, Л., 1974, вып. 210, с. 155.
5. Хомскис В., Жукайте Э.— В сб. статей для XXIII международного географического конгресса. Вильнюс, 1976, с. 137.
6. Тихомиров А. И. Термика крупных озер.— Л., 1982.
7. Хомскис В., Жукайте Э.— В сб. статей для XXIII международного географического конгресса. Вильнюс, 1976, с. 137.
8. Як ушко О. Ф. Озероведение. География озер Белоруссии.— Минск, 1981.

УДК 911.63

А. М. ТРОФИМОВ, В. А. РУБЦОВ

В ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ

Проблема районирования, базирующаяся на принципах комплексного образования, — одна из основных проблем географии, имеющих теоретическое и прикладное значение. Функциональное (содержательное) районирование отражает существующий характер географической территориальной дифференциации и как метод исследования весьма широко применяется в предплановых исследованиях и прогнозных заключениях при комплексном районировании различных условий в определенных точках пространства. Однако сам принцип комплексности может быть выдержан в том случае, когда исследование оперирует показателями многомерного пространства объективно. При этом и возникают сложности, связанные, во-первых, с необходимостью перебора множества значений различных (комбинированных) показателей в каждой точке пространства; во-вторых, с объективной их оценкой, не зависящей от расположения объектов, их предпочтения и т. д. В противном случае необ-