

## ГИДРОМОРФНЫЕ И ПАЛЕОГИДРОМОРФНЫЕ ЛАНДШАФТЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЕВРАЗИИ

Д.В. Черных<sup>1,2</sup>, Р.Ю. Бирюков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия, Барнаул

<sup>2</sup>Алтайский государственный университет, Россия, Барнаул

e-mail: chernykh@mail.ru

Гидроморфные ландшафты – неотъемлемая составляющая ландшафтного разнообразия степной зоны Евразии. В пределах западного сектора Евразийских степей их площадь превышает 25 %. В горах Русского Алтая гидроморфные ландшафты в лесостепных, степных и тундрово-степных котловинах занимают 20 % площади. Два цикла развития геосистем – галогидроморфный и древнеложбинно-долинный псаммоморфный – наиболее широко представлены в пределах степной зоны Евразии. Также распространение получил аллювиальный гидроморфный цикл разноуровневых пойм крупных транзитных рек. В рамках галогидроморфного цикла наиболее широко представлена постозерная гидроморфно-солончаково-солонцовая серия, связанная с пульсирующими озерами. В 2018 г. отмечено максимальное увеличение площади водоемов на юге Западной Сибири. Выделено 6 типов озер в зависимости от их динамики. Существенная часть подчиненных местоположений в степной зоне испытывает влияние гидроморфного фактора. Показана специфика ландшафтной организации в поймах крупных транзитных рек степной зоны Евразии.

*Ключевые слова:* гидроморфные ландшафты, степь, Евразия, Сибирь, Русский Алтай, циклы и серии развития геосистем, динамика степных озер, данные дистанционного зондирования.

### Введение

Обширный регион, ассоциирующийся в Евразии со степными ландшафтами, простирается от Восточной Европы до Маньчжурии и Лессового плато в Китае почти на 9000 км. Различные исследователи называют его по-разному: Евразийская степь, Великая степь, Степной пояс Евразии, Степная Евразия. Природа этой территории имеет много общего: континентальный климат со значительными амплитудами годовых и суточных температур, дефицит увлажнения и малоснежные зимы, господство травянистой растительности ксерофитного, реже мезофитного характера с преобладанием дерновинных злаков [1-3].

Разнообразие ландшафтных обстановок степной зоны Евразии связано с влиянием различных факторов. Например, специфические ландшафты формируются вследствие наличия горных поднятий, как непосредственно внутри степной зоны, так и на прилегающих к ней с севера и с юга пространствах таежной и пустынной зон. По горным долинам и межгорным котловинам степные ландшафты и степоиды – травяные группировки ксерофитов и мезо-ксерофитов вне степной зоны [4] – далеко проникают на север, формируя степные анклавы среди лесного окружения.

Ландшафты, связанные в своем развитии с гидроморфным фактором, – неотъемлемая составляющая ландшафтного разнообразия степной зоны Евразии. На низменных равнинах Причерноморья, Прикаспия, Приаралья, Кулунды, Приубсунурья значительная часть ландшафтов в какой-то степени несет черты современного или палеогидроморфизма [5]. Здесь классические степи занимают подчиненное положение, уступая главенствующую роль тростниковым займищам, соровым солончакам, засоленным лугам и солонцеватым степям. Кроме этого, с песчаными отложениями флювиального и флювиогляциального генезиса связано проникновение сосновых лесов вглубь степной зоны. Бузулукский бор в Заволжье,

Наурзумский бор в Казахстане, ленточные боры Алтая, островные боры Хакасии, бор Цырик-Нарасун в Забайкалье – далеко не полный перечень крупных лесных массивов Степного пояса Евразии.

### Материалы и методы

Статья подготовлена на основе многолетних полевых исследований авторов в пределах Степного пояса Евразии, главным образом, на юге Западной Сибири и в горах Русского Алтая. В ходе этих исследований разработаны средне- и крупномасштабные ландшафтные карты, которые и легли в основу пространственного анализа. При анализе распространения гидроморфных ландшафтов на макрорегиональном уровне, наряду с авторскими ландшафтными картами, использованы картографические материалы других авторов, в частности, Ландшафтная карта СССР под ред. И.С. Гудилина [6].

Для характеристики конкретных ландшафтных обстановок, формирующихся под влиянием гидроморфного фактора, использован подход В.В. Козина, сформулировавшего такие классификационные категории, как циклы и серии развития геосистем, наглядно иллюстрирующие генезис ландшафтной структуры. Для выявления характеристик геосистем и наполнения легенд карт осуществлялось детальное ландшафтное профилирование на ключевых участках. В описаниях особый акцент делался на признаках современного и палеогидроморфизма в структуре растительного и почвенного покровов.

При изучении структуры и динамики ландшафтов в степной зоне, в частности, пульсации озер, использовались космические снимки серии Landsat и Sentinel-2. При подборе данных дистанционного зондирования выбирались безоблачные, либо с низким процентом облачности, сцены, покрывающие территорию исследования за весь период доступных данных. Анализируемый период охватывал 1989-2018 гг. На этапе предклассификационной обработки космических снимков проводилась их радиометрическая коррекция. Из всех алгоритмов при автоматизированном дешифрировании водных поверхностей для территории исследования лучшие результаты по точности дало использование модифицированного нормализованного разностного водного индекса (MNDWI). В ходе классификации аквальных геосистем Приобского плато на основе их пространственно-временной динамики ключевым качественным дескриптором являлось наличие (постоянное или временное) открытой водной поверхности.

На основе многолетних рядов метеоданных по ГМС Барнаул, Ребриха, Рубцовск, расположенных на Приобском плато, рассчитаны производные параметры, значимые для характеристики динамики атмосферного увлажнения. Все выбранные метеостанции обладают достаточно длинным и стабильным рядом наблюдений по наиболее значимым для настоящего исследования параметрам: атмосферные осадки, температура воздуха, снежный покров. Для анализа использовались следующие массивы данных за период с 1966 по 2018 гг.: месячные суммы осадков с учетом устранения систематических погрешностей осадкомерных приборов; средние месячные температуры воздуха; данные маршрутных снегомерных съемок. На основе этих данных были рассчитаны некоторые производные параметры, значимые для характеристики динамики атмосферного увлажнения и его влияния на динамику аквальных геосистем: частный ГТК Селянинова (для периода апрель–июль); стандартизированный индекс осадков (Standard Precipitation Index – SPI) для 6 месячного периода; суммы осадков зимнего периода (ноябрь–март). Основной задачей расчетов было выявление временных периодов с существенными отклонениями параметров увлажнения от среднего многолетнего уровня, чтобы в дальнейшем проследить реакцию аквальных геосистем на эти колебания.

### Результаты и обсуждение

Согласно Ландшафтной карте СССР [6], в пределах западного сектора Степного пояса Евразии, простирающегося от Причерноморских степей до Алтая, площадь гидроморфных и палеогидроморфных ландшафтов превышает 25 %, ни в одной из подзон не опускаясь ниже

20 %. В лесостепи эта величина составляет 28,47 %, в подзоне северных степей – 26,05 %, в подзоне средних (сухих) степей – 23,54 %, в подзоне южных (опустыненных) степей – 21,93 %. При этом в расчет не принимаются гидроморфные геосистемы локального уровня, связанные с овражно-балочной сетью, суффозионными западинами, которые не нашли отражение при мелкомасштабном картографировании (рис. 1).

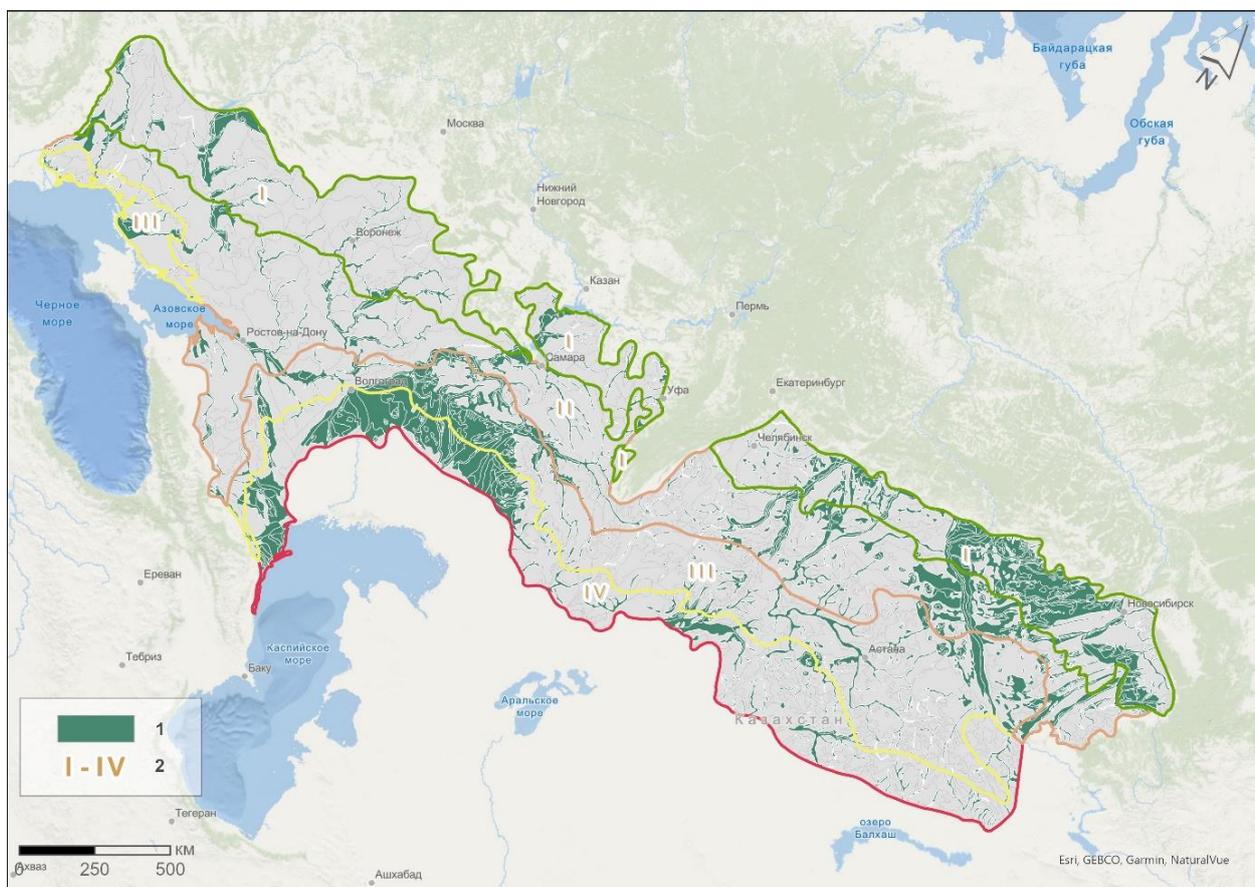


Рисунок 1 – Распространение гидроморфных и палеогидроморфных ландшафтов в западном секторе Степного пояса Евразии (подготовлено на основе [6])

*Условные обозначения: 1 – гидроморфные и палеогидроморфные ландшафты; 2 – зоны и подзоны: I – лесостепная, II – северных степей, III – средних (сухих) степей, IV – южных (опустыненных степей).*

В горах Южной Сибири, в пределах островных степей, приуроченных к межгорным котловинам, гидроморфный фактор также играл важную роль в формировании ландшафтной структуры. Так, во время плейстоценовых оледенений многие из котловин представляли собой ледниково-подпрудные водоемы. Несмотря на то, что мнения о масштабах и времени существования ледниково-подпрудных озер разнятся, большинство исследователей не отрицает их существования [7-10]. Например, на Русском Алтае гидроморфные ландшафты в пределах лесостепных, степных и тундрово-степных котловин занимают более 20 % площади [11] (рис. 2).

Для понимания особенностей становления современной ландшафтной структуры степной зоны интерес представляет подход В.В. Козина [12, 13], сформулировавшего в рамках представлений о геосистемах пространственного взаимодействия, такие классификационные категории, как циклы и серии развития геосистем. Цикл развития геосистем рассматривается как совокупность пространственно-временных смен состояний геосистем, которые протекают на фоне гипертрофированного влияния одного или нескольких природных факторов. Серия геосистем – вариант цикла, обусловленный спецификой местных географических условий [14, 15]. И циклы, и серии развития геосистем во многом предопределены генетически и находят отражение в структуре и свойствах компонентов геосистем. В степной зоне Евразии

максимальное представительство имеют два цикла развития геосистем, сформировавшихся под влиянием гидроморфного фактора: галогидроморфный и древнеложбинно-долинный псаммоморфный. Кроме этого, распространение получил аллювиальный гидроморфный цикл разноуровневых пойм крупных транзитных рек. Интересно, что косвенно на присутствие в степной зоне геосистем всех трех циклов указывал еще А.Ф. Миндендорф, обративший внимание на то, что на обширном пространстве от Омска до Усть-Каменогорска поблизости от Иртыша нет ни одного поля, а вследствие разливов, наноса песков и частых солончаков, поля лежат в 10-20 и более верстах от расположенных по Иртышу селений [16].

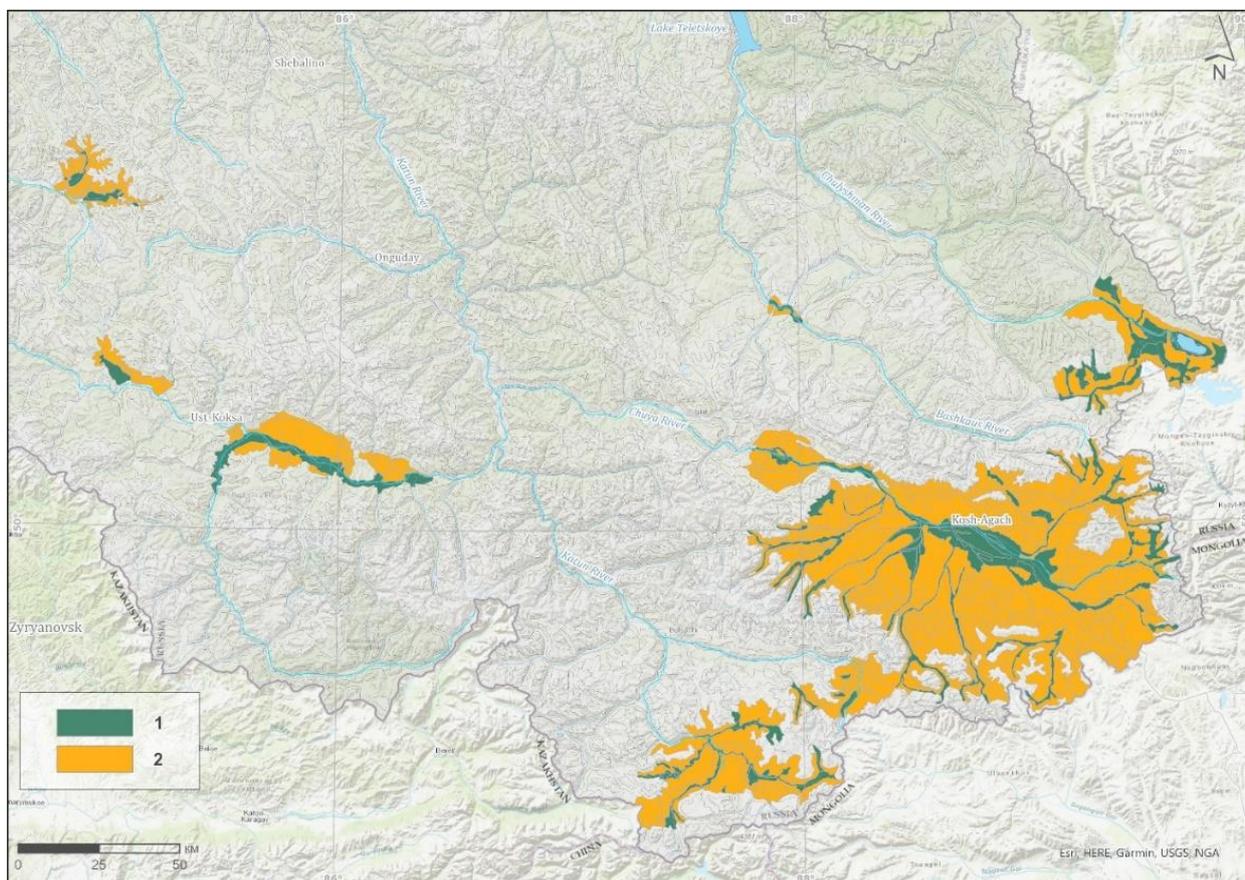


Рисунок 2 – Гидроморфные ландшафты в структуре степных котловин Русского Алтая (подготовлено на основе [11])

Условные обозначения: 1 – гидроморфные ландшафты, 2 – автоморфные ландшафты.

В рамках галогидроморфного цикла в степной зоне Евразии наиболее широкое развитие получила постозерная гидроморфно-солончаково-солонцовая серия. Так, геосистемы этой серии занимают значительные пространства на юге Западной Сибири [17]. Здесь, как и на значительной части степной зоны Евразии, и во внутригодовом, и в межгодовом аспектах площадь озер подвержена существенной динамике, что, в свою очередь, обуславливает высокую динамичность структуры ландшафтов. По нашим данным, в пределах модельной территории на Приобском плато в Алтайском крае с 1989 по 2018 гг. наибольшей динамике подвержены озера степных увалов и прилегающих к ним высоких террас ложбин древнего стока (ЛДС). Динамика водоемов на днищах ЛДС, занятых сосновыми борами, значительно меньше (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика водоемов на ключевых участках в пределах Приобского плато (посчитано по снимкам Landsat)

Год	Дата съемки	Площадь водоемов, км <sup>2</sup>		
		Степные увалы	Ложбины древнего стока с борами	Сумма
1989	28.08	42,71	102,61	145,32
1990	20.05	57,52	104,29	161,81
1991	25.07	49,55	103,95	153,49
1992	17.05	47,78	100,21	147,99
1994	26.07	46,81	101,04	147,85
1996	28.05	50,28	101,35	151,63
1999	24.08	39,93	97,64	137,57
2000	16.06	48,07	100,26	148,33
2001	25.05	52,17	102,70	154,87
2002	15.07	50,59	101,53	152,12
2003	15.05	55,47	102,48	157,95
2006	28.08	45,22	99,04	144,26
2007	18.05	53,93	101,96	155,89
2008	04.10	48,11	98,59	146,70
2009	08.06	49,69	100,36	150,05
2010	11.06	53,96	102,05	156,01
2011	30.06	48,56	101,46	150,02
2013	03.06	51,16	100,36	151,52
2014	08.07	39,60	100,62	140,23
2015	08.05	58,25	104,05	162,30
2016	30.08	53,42	100,67	154,09
2017	14.06	61,25	102,42	163,66
2018	02.06	73,39	108,61	182,00
Среднее		51,19	101,66	152,86
Стандартное отклонение		7,25	2,26	9,14
Коэффициент вариации		0,14	0,02	0,06

Специфика динамики аквальных и сопряженных с ними гидроморфных геосистем на Приобском плато определяется особенностями морфологии конкретных ландшафтов. Так, основная часть озерных котловин на боровых днищах ЛДС наследуют их переуглубленные участки, которые были выработаны древними водными потоками, и часто имеют хорошо выраженные борта. При данных условиях колебания уровней водоемов незначительно отражаются на динамике площадей их водной поверхности. При этом, на остальной территории подавляющая часть озер приурочены к слабо выраженным в рельефе котловинам, в связи с чем являются мелководными. Одновременно с этим, песчаные грунты, формирующие днища ЛДС, благоприятствуют интенсивному водообмену озерных вод с грунтовыми водами. И, наконец, сосновые боры на днищах ЛДС, сочетающиеся с обширными заболоченными понижениями, могут оказывать сильное регулирующее влияние на водный баланс озер, равномернее перераспределяя его приходную часть как внутри сезонов года, так и в многолетнем режиме.

Анализ, проведенный для Приобского плато, показал, что ни один из значимых метеопараметров (сумма осадков за год, сумма осадков за холодный период, коэффициент атмосферного увлажнения Высоцкого-Иванова, гидротермический коэффициент Селянинова) не обнаруживает в своей межгодовой динамике выраженной связи с динамикой водоемов. Так, большое количество зимних осадков не гарантирует значительный рост уровней воды в озерах. Вполне возможно, что важную роль в данном случае играют метеоусловия, обеспечивающие поступление воды в озера (режим снеготаяния, зимний температурный режим и др.), а кроме этого, что не менее важно, положение конкретного рассматриваемого года в ряду смежных с ним лет по условиям увлажнения.

В 2014 г. отмечаются наиболее низкие за 35 лет значения площади, занятой озерами в пределах увалов и террас ЛДС, и одни из самых низких значений для всего Приобского плато. В это время площадь озер сократилась более чем на 10 км<sup>2</sup> по сравнению с предшествующим годом. При этом по суммам осадков 2014 г. являлся средним, также, как и по значениям ГТК Селянинова. Можно отметить существенное понижение значений максимальных снегозапасов в 2014 г., однако и они не были на каком-либо экстремально низком уровне. Стоит также отметить, что боровые озера какого-либо существенного снижения уровня в 2014 г. не показали.

В 2018 г. зафиксирован небывалый за весь период исследования рост общей площади озер (рис. 3). Вероятно, этому способствовало то, что атмосферное увлажнение три последних года было достаточно высоким. Однако в отличие от схожих периодов, например, 2000-2003 гг., в 2017 и 2018 гг. площадь водоемов увеличивалась более чем на 15 % к значениям предыдущего года, чего раньше не отмечалось. Стоит также отметить, что существенный рост (более 2-х стандартных отклонений) площади был отмечен у боровых озер, чего ранее также не наблюдалось. В последующие несколько лет площадь озер продолжала оставаться существенной, хотя и начала снижаться.

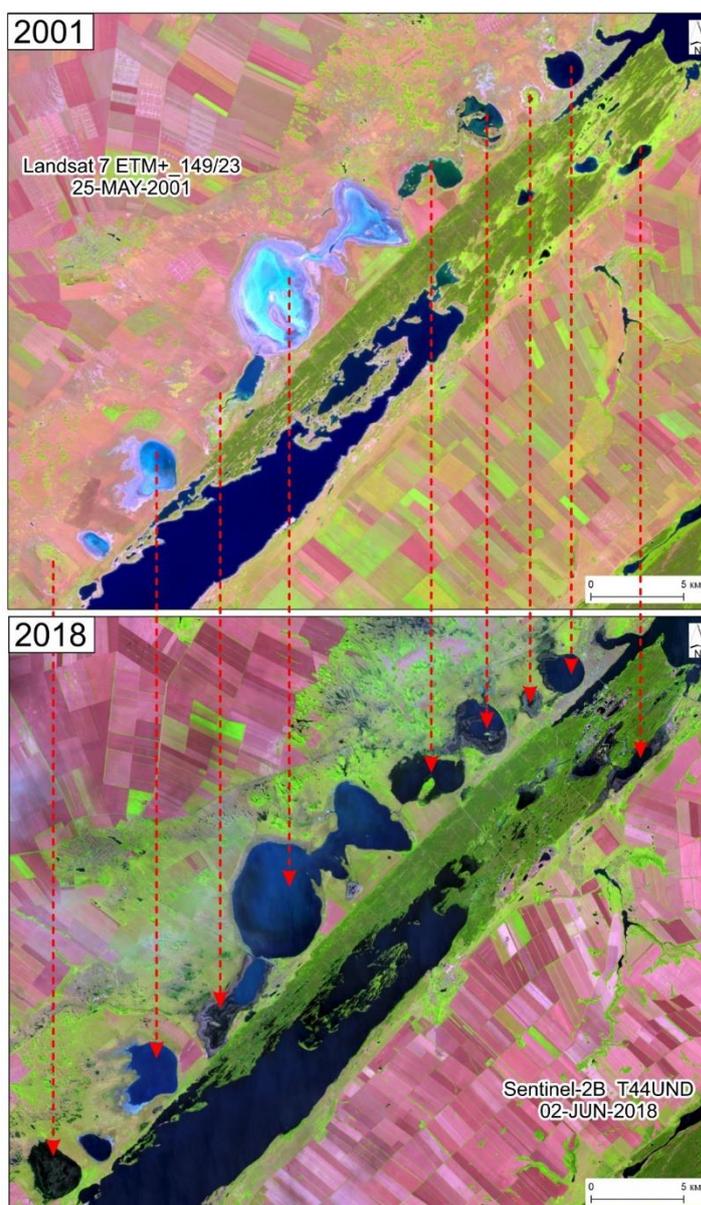


Рисунок 3 – Различия в площадях водоемов на модельной территории Приобского плато в 2001 и 2018 гг.

В силу того, что динамика ландшафтов на Приобском плато тесно связана с изменением площади озер, представляет интерес классификация водоемов с учетом масштабов и специфики внутригодовой и межгодовой динамики их акватории. В основу разделения положена классификация, предложенная ранее для североамериканских прерий [18]. Адаптация данной классификации для юга Западной Сибири позволила выделить: постоянные озера с несущественной межгодовой и внутригодовой динамикой водной поверхности; постоянные озера с существенной межгодовой и внутригодовой динамикой водной поверхности; постоянные озера, фрагментирующиеся в некоторые годы; сезонные водоемы; водоемы, которые полностью исчезают в отдельные годы; эфемерные водоемы [19].

Анализ морфологической структуры ландшафтов в пределах галогидроморфных серий в озерных котловинах Приобского плато позволяет сделать вывод, что и в условиях степной, и в условиях лесостепной зон подавляющая часть подчиненных в геохимическом сопряжении местоположений подвержена периодическому влиянию гидроморфного фактора, что находит отражение в структуре почвенного покрова, формах микро- и нанорельефа, структуре растительных ассоциаций. Даже вполне автономные (неоэлювиальные) элементарные геосистемы в некоторые годы испытывают переувлажнение. Так, в засушливой степи Приобского плато по мере удаления от уреза воды водоемов и снижения степени гидроморфизма наблюдается увеличение числа видов высших сосудистых растений, которое достигает максимальных значений на слабосолонцеватых лугах, которые формируются на черноземно-луговых почвах. В близких к автоморфным условиях (зональные степи и слабосолонцеватые степи) число видов вновь снижается. В том же направлении фиксируется последовательное усложнение почвенного профиля. Максимальная мощность профиля и наибольшая сложность его строения наблюдаются на верхних позициях в ландшафтных сопряжениях (табл. 2). В лесостепной зоне галоморфные комплексы играют не столь значительную роль (обсыхающие поверхности на соровых солончаках), однако в ландшафтной структуре присутствуют торфяные болота [17].

Таблица 2 – Отдельные характеристики геосистем галогидроморфной постозерной серии в степной зоне Приобского плато (Горькоозерский трансект) [17]

Сообщество	Кол-во видов высших сосуд. растений	Почвенная разность	Мощность почв. профиля, см	Кол-во почв. горизонтов
Урез воды в оз. Горькое				
Бескильницево-солеросово-бородавчатолебедовое	4	Солончак гидроморфный лугово-болотный	13	3
Бескильницево-селитрянопыльино-бородавчатолебедовое	6	Солончак гидроморфный луговой	20	4
Галофитноразнотравно-злаково-солонечниковое	11	Солонец луговой солончаковатый	40	4
Галофитный разнотравно-злаковый слабоостепенный луг	24	Черноземно-луговая солонцевато-солончаковатая	64	5
Чиново-тырсовая солонцеватая степь	11	Лугово-черноземная слабосолонцеватая	73	5

Иначе в Степном поясе Евразии организованы ландшафты в поймах крупных транзитных рек, где геосистемы группируются в рамках аллювиального гидроморфного цикла разноуровневых пойм. Несмотря на общность пойменных геосистем, они различаются в зависимости от продолжительности поемности, строения аллювиальной толщи и степени гидроморфизма. Так, значительное разнообразие геосистем этого цикла представлено в пойме верхней Оби, непосредственно ниже слияния Бии и Катуня. Свободное развитие русловых

деформаций при выходе реки на равнину привело к формированию у нее широкой поймы. Выделяются пять пойменных зон, вытянутых вдоль русла: узкая и фрагментарно развитая правобережная пойма, островная, прирусловая, центральная и притеррасная части широкой левобережной поймы. Различаются пойменные геосистемы и по высотному положению. Наряду с традиционными – низкой и высокой – поймами, выделяются незаливаемые участки, приуроченные к дюнным массивам. И если на поверхности низкой поймы доминируют ивняки и тополевики, сочетающиеся с хвощовыми и вейниково-осоковыми заболоченными лугами, то по дренированным участкам высокой поймы широко распространены остепненные разнотравно-злаковые луга на лугово-черноземных слабосолончаковатых почвах. Эти участки подвергаются затоплению один раз в несколько десятков лет, в исключительно многоводные годы. Однако в такие годы на отдельных участках поймы может отлагаться слой аллювия более полутора метров. Сообщества с участием степных видов представлены на всех высотных уровнях поймы, за исключением самого низкого, начиная от псаммофитных остепненных группировок с единичными соснами на дерновых слабогумусированных почвах по вершинам бугров верхнего (незаливаемого) уровня, и заканчивая микроассоциациями на крупных островах.

Широкое распространение гидроморфных геосистем является характерной чертой регионов с семиаридным и семигумидным климатом не только в Евразии. Так, в регионе западных прерий (Prairie Pothole Region), расположенном на севере Великих равнин в Северной Америке, большинство ландшафтов осложнено значительным числом котловин и западин, в которых, как правило, формируются озера, сильно различающиеся по таким характеристикам, как площадь, глубина и гидрологический режим. Относительно низкие температуры в холодный период года благоприятствуют промерзанию почвы, что определяет некоторые черты общности в протекании и гидрологических, и экологических процессов со степными ландшафтами Евразии [20-25].

### Заключение

Ландшафты, связанные в своем развитии с гидроморфным фактором, широко распространены в пределах Степного пояса Евразии и в ландшафтных обстановках со схожим гидроклиматическим режимом на других континентах. При этом, гидроморфизм проявляется на разных уровнях пространственной организации геосистем: в некоторых случаях – на собственно ландшафтном уровне (главным образом, низменные равнины и транзитные речные долины), в других – на уровне морфологических частей ландшафтов (возвышенные равнины, горные страны). Так, в результате анализа мелкомасштабных ландшафтных карт на территорию западного сектора Степного пояса Евразии, простирающегося от Причерноморских степей до Алтая, выявлено, что гидроморфные ландшафты занимают не менее четверти модельного региона. Этот показатель остается относительно стабильным во всех подзонах и варьирует от 20 % на юге пояса до почти 30 % на севере.

Широкое распространение в степи гидроморфных ландшафтов – следствие не только современных условий, но и палеогеографического развития территории. В генетическом отношении среди гидроморфных ландшафтов Степного пояса Евразии преобладают геосистемы, подчиненные двум циклам – древнеложбинно-долинному псаммоморфному и галогидроморфному. Если геосистемы первого цикла – в значительной мере наследие природных условий прошлого (литология и палеогидроморфизм), то в рамках второго цикла геосистемы организованы более сложно. В частности, на всем протяжении Степного пояса Евразии широко представлены постозерные гидроморфно-солончаково-солонцовые серии геосистем, сформированные вокруг многочисленных пульсирующих озер. Как показали исследования на ключевых полигонах юга Западной Сибири (Приобское плато, Кулундинская равнина), масштабы межгодовой динамики водоемов столь значительны, что черты гидроморфизма проявляются в большинстве сопряженных с ними геосистем, включая и геосистемы ближайших к озерам водоразделов.

В то же время, проведенный для территории Приобского плато анализ показал, что ни один из значимых метеопараметров (сумма осадков за год, сумма осадков за холодный период, коэффициент атмосферного увлажнения Высоцкого-Иванова, гидротермический коэффициент Селянинова) не обнаруживает в своей межгодовой динамике выраженной связи с динамикой площади водоемов. Это свидетельствует о сложных и не всегда линейных зависимостях между тремя блоками: атмосфера, озеро, ландшафты озерного бассейна. Характеристики водоема (площадь акватории, форма озерной котловины, литологический состав ложа) и бассейна (площадь, уклоны, характер перераспределения зимних осадков и др.) в индивидуальном порядке преломляют фоновые по отношению к региону гидрометеорологические условия. Данный факт должен учитываться в проектах хозяйственного освоения ландшафтов Степного пояса Евразии.

### Благодарности

*Данное исследование проведено в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (№ FUFZ-2021-0007).*

### Список литературы

1. Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. Л.: Наука, 1991. 146 с.
2. Чибилёв А.А. Степная Евразия: региональный обзор природного разнообразия. М.; Оренбург: Институт степи РАН; РГО, 2016. 324 с.
3. Дробышев Ю.И. Климат и ханы: Роль климатического фактора в политической истории Центральной Азии / Отв. ред. А.Ш. Кадырбаев; Институт востоковедения РАН. М.: ИВ РАН, 2018. 264 с.
4. Сочава В.Б., Липатова В.В. Группировки степных растений в амурской подтайге // Труды МОИП. 1960. Вып. 3. С. 44-61.
5. Николаев В.А. Ландшафты Азиатских степей. М.: Изд-во МГУ, 1999. 288 с.
6. Ландшафтная карта СССР / Отв. ред. И.С. Гудилин. 1: 2500000. М.: Мингео СССР, 1980.
7. Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 252 с.
8. Рудой А.Н. Четвертичная гляциогидрология гор Центральной Азии: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Томск, 1995. 35 с.
9. Зольников И.Д., Деев Е.В., Котлер С.А., Русанов Г.Г., Назаров Д.В. Новые результаты OSL-датирования четвертичных отложений долины Верхней Катунь (Горный Алтай) и прилегающей территории // Геология и геофизика. 2016. № 6. С. 1184-1197.
10. Агатова А.Р., Непоп Р.К., Хазин Л.Б., Жданова А.Н., Успенская О.Н., Овчинников И.Ю., Моска П. Новые хронологические, палеонтологические и геохимические данные о формировании ледниково-подпрудных озер в Курайской впадине (юго-восток Русского Алтая) в конце позднего плейстоцена // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488. № 3. С. 319-322.
11. Черных Д.В., Самойлова Г.С. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край). Карта. М – 1:500000 // ФГУП Новосибирская картографическая фабрика, 2011.
12. Козин В.В. Парагенетические комплексы и их динамика // Изв. ВГО. 1977. Т. 109. Вып. 3. С. 238-245.
13. Козин В.В. Ландшафтный анализ в решении проблем освоения нефтегазоносных регионов: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Иркутск, 1993. 44 с.
14. Черных Д.В. Циклы и серии развития геосистем (на примере степной зоны Западной Сибири) // Мир науки, культуры, образования. 2010. № 2(21). С. 277-280.
15. Черных Д.В., Золотов Д.В. Пространственная организация ландшафтов бассейна реки Барнаулки / Отв. ред. И.Н. Ротанова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 205 с.

16. Миндендорф А.Ф. Бараба (приложение к XIX тому Записок Имп. Академии наук № 2). СПб: Типография Императорской Академии наук, 1871. 123 с.
17. Черных Д.В., Золотов Д.В., Бирюков Р.Ю., Першин Д.К. Пространственно-временная динамика аквальных и сопряженных с ними геосистем на юге Западной Сибири в условиях климатических изменений // Дegradация земель и опустынивание: проблемы устойчивого природопользования и адаптации: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, ИГ РАН, ноябрь 2020 – март 2021). Москва: МАКС Пресс, 2020. 6,05 Мб (Издание комплексного распространения). С. 135-140.
18. Stewart R.E., Kantrud H.A. Classification of Natural Ponds and Lakes in the Glaciated Prairie Region. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Washington, D.C. U.S. Fish and Wildlife Service, 1971. 57 p.
19. Черных Д.В., Бирюков Р.Ю. Классификация аквальных геосистем Приобского плато (Алтайский край) на основе их пространственно-временной динамики // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти чл.-корр. РАН А.Н. Антипова (23-27 сентября 2019 г.). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 273-278.
20. Leibowitz S.G., Vining K.C. Temporal connectivity in a prairie pothole complex // Wetlands. 2003. Vol. 23. P. 13-25.
21. Shaw D.A., van der Kamp G., Conly F.M., Pietroniro A., Martz L. The fill-and-spill hydrology of prairiewetland complexes during drought and deluge // Hydrological Processes. 2012. Vol. 26. P. 3147-3156.
22. Van der Kamp G, Hayashi M Groundwater-wetland ecosystem interaction in the semiarid glaciated plains of North America // Hydrogeology Journal. 2009. Vol. 17. P. 203-214.
23. Beerl O., Phillips R.L. Tracking palustrine water seasonal and annual variability in agricultural wetland landscapes using Landsat from 1997-2005 // Global Change Biology. 2007. Vol. 13. P. 897-912.
24. Rover J., Wright C.K., Euliss N.H. Jr, Mushet D.M., Wylie B.K. Classifying the hydrologic function of prairie potholes with remote sensing and GIS // Wetlands. 2011. Vol. 31. P. 319-327.
25. Collins S.D., Heintzman L.J., Starr S.M., Wright C.K., Henebry G.M., McIntyre N.E. Hydrological dynamics of temporary wetlands in the southern Great Plains as a function of surrounding land use // Journal of Arid Environments. 2014. Vol. 10. P. 6-14.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 25.03.2024

Принята к публикации 19.09.2024

## HYDROMORPHIC AND PALEOHYDROMORPHIC LANDSCAPES IN THE STEPPE ZONE OF EURASIA

D. Chernykh<sup>1,2</sup>, R. Biryukov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Russia, Barnaul

<sup>2</sup>Altai State University, Russia, Barnaul

e-mail: chernykhd@mail.ru

Hydromorphic landscapes are the integral part of the landscape diversity of the steppe zone of Eurasia. The area of hydromorphic and paleohydromorphic landscapes exceeds 25 % within the western sector of the Eurasian steppes. Hydromorphic landscapes occupy 20 % of the area within

forest-steppe, steppe and tundra-steppe basins in the Russian Altai mountains. Two cycles of geosystems development formed under the influence of hydromorphic factors, are most widely represented within the steppe zone of Eurasia. They are called halohydromorphic and ancient hollow-valley psammomorphic. The alluvial hydromorphic cycle of multi-level floodplains of large transit rivers has become widespread here. Within the halohydromorphic cycle in the steppe zone of Eurasia, the post-lake hydromorphic-solonetz-solonchak series is most widely represented. It is associated with pulsating lakes. An unprecedented increase in the total area of reservoirs on the southern Western Siberia during the study period was recorded in 2018. Six classes of lakes are recognized according to their dynamics. A significant part of the subordinate locations in the steppe zone is influenced by the hydromorphic factor. The specificity of landscape organization in the floodplains of large transit rivers of the steppe zone of Eurasia is shown.

*Key words:* hydromorphic landscapes, steppe, Eurasia, Siberia, Russian Altai, cycles and series of geosystems development, dynamics of steppe lakes, remote sensing data.

### References

1. Lavrenko E.M., Karamysheva Z.V., Nikulina R.I. Stepi Evrazii. L.: Nauka, 1991. 146 s.
2. Chibilev A.A. Stepnaya Evraziya: regional'nyi obzor prirodnogo raznoobraziya. M.; Orenburg: Institut stepi RAN; RGO, 2016. 324 s.
3. Drobyshev Yu.I. Klimat i khany: Rol' klimaticheskogo faktora v politicheskoi istorii Tsentral'noi Azii: Otv. red. A.Sh. Kadyrbaev; Institut vostokovedeniya RAN. M.: IV RAN, 2018. 264 s.
4. Sochava V.B., Lipatova V.V. Gruppyrovki stepnykh rastenii v amurskoi podtaige. Trudy MOIP. 1960. Vyp. 3. S. 44-61.
5. Nikolaev V.A. Landshafty Aziatskikh stepei. M.: Izd-vo MGU, 1999. 288 s.
6. Landshaftnaya karta SSSR: Otv. red. I.S. Gudilin. 1: 2500000. M.: Mingeo SSSR, 1980.
7. Butvilovskii V.V. Paleogeografiya poslednego oledeneniya i golotsena Altaya: sobytiino-katastroficheskaya model'. Tomsk: Izd-vo TGU, 1993. 252 s.
8. Rudoi A.N. Chetvertichnaya glyatsiologiya gor Tsentral'noi Azii: avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. Tomsk, 1995. 35 s.
9. Zol'nikov I.D., Deev E.V., Kotler S.A., Rusanov G.G., Nazarov D.V. Novye rezul'taty OSL-datirovaniya chetvertichnykh otlozhenii doliny Verkhnei Katuni (Gornyi Altai) i prilgayushchei territorii. Geologiya i geofizika. 2016. N 6. S. 1184-1197.
10. Agatova A.R., Nepop R.K., Khazin L.B., Zhdanova A.N., Uspenskaya O.N., Ovchinnikov I.Yu., Moska P. Novye khronologicheskie, paleontologicheskie i geokhimicheskie dannye o formirovaniy lednikovo-podprudnykh ozer v Kuraiskoi vpadine (yugo-vostok Russkogo Altaya) v kontse pozdnego pleistotsena. Doklady Akademii nauk. 2019. T. 488. N 3. S. 319-322.
11. Chernykh D.V., Samoiloa G.S. Landshafty Altaya (Respublika Altai i Altaiskii krai). Karta. M 1:500000. FGUP Novosibirskaya kartograficheskaya fabrika, 2011.
12. Kozin V.V. Parageneticheskie komplekсы i ikh dinamika. Izv. VGO. 1977. T. 109. Vyp. 3. S. 238-245.
13. Kozin V.V. Landshaftnyi analiz v reshenii problem osvoeniya neftegazonosnykh regionov: avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. Irkutsk, 1993. 44 s.
14. Chernykh D.V. Tsikly i serii razvitiya geosistem (na primere stepnoi zony Zapadnoi Sibiri). Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. 2010. N 2(21). S. 277-280.
15. Chernykh D.V., Zolotov D.V. Prostranstvennaya organizatsiya landshaftov basseina reki Barnaulki: Otv. red. I.N. Rotanova. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2011. 205 s.
16. Mindendorf A.F. Baraba (prilozhenie k XIX tomu Zapisok Imp. Akademii nauk N 2). SPb: Tipografiya Imperatorskoi Akademii nauk, 1871. 123 s.
17. Chernykh D.V., Zolotov D.V., Biryukov R.Yu., Pershin D.K. Prostranstvenno-vremennaya dinamika akval'nykh i sopryazhennykh s nimi geosistem na yuge Zapadnoi Sibiri v usloviyakh klimaticheskikh izmenenii. Degradatsiya zemel' i opustynivanie: problemy ustoichivogo prirodopol'zovaniya i adaptatsii: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Moskva, IG RAN,

noyabr' 2020 – mart 2021). Moskva: MAKS Press, 2020. 6,05 Mb (Izdanie kompleksnogo rasprostraneniya). S. 135-140.

18. Stewart R.E., Kantrud H.A. Classification of Natural Ponds and Lakes in the Glaciated Prairie Region. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Washington, D.C. U.S. Fish and Wildlife Service, 1971. 57 p.

19. Chernykh D.V., Biryukov R.Yu. Klassifikatsiya akval'nykh geosistem Priobskogo plato (Altaiskii krai) na osnove ikh prostranstvenno-vremennoi dinamiki. Geograficheskie osnovy i ekologicheskie printsipy regional'noi politiki prirodopol'zovaniya: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati chl.-korr. RAN A.N. Antipova (23-27 sentyabrya 2019 g.). Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2019. S. 273-278.

20. Leibowitz S.G., Vining K.C. Temporal connectivity in a prairie pothole complex. Wetlands. 2003. Vol. 23. P. 13-25.

21. Shaw D.A., van der Kamp G., Conly F.M., Pietroniro A., Martz L. The fill-and-spill hydrology of prairiewetland complexes during drought and deluge. Hydrological Processes. 2012. Vol. 26. P. 3147-3156.

22. Van der Kamp G, Hayashi M Groundwater-wetland ecosystem interaction in the semiarid glaciated plains of North America. Hydrogeology Journal. 2009. Vol. 17. P. 203-214.

23. Beerl O., Phillips R.L. Tracking palustrine water seasonal and annual variability in agricultural wetland landscapes using Landsat from 1997-2005. Global Change Biology. 2007. Vol. 13. P. 897-912.

24. Rover J., Wright C.K., Euliss N.H. Jr, Mushet D.M., Wylie B.K. Classifying the hydrologic function of prairie potholes with remote sensing and GIS. Wetlands. 2011. Vol. 31. P. 319-327.

25. Collins S.D., Heintzman L.J., Starr S.M., Wright C.K., Henebry G.M., McIntyre N.E. Hydrological dynamics of temporary wetlands in the southern Great Plains as a function of surrounding land use. Journal of Arid Environments. 2014. Vol. 10. P. 6-14.

#### Сведения об авторах:

Черных Дмитрий Владимирович

Д.г.н., главный научный сотрудник, ИВЭП СО РАН; профессор, Алтайский государственный университет

ORCID 0000-0003-0151-2596

Chernykh Dmitry

Doctor of Geographical Sciences, Chief Researcher, Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Professor, Altai State University

Бирюков Роман Юрьевич

Младший научный сотрудник, ИВЭП СО РАН

ORCID 0000-0002-5617-7206

Biryukov Roman

Junior Researcher, Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

**Для цитирования:** Черных Д.В., Бирюков Р.Ю. Гидроморфные и палеогидроморфные ландшафты в степной зоне Евразии // Вопросы степеведения. 2024. № 3. С. 12-23. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-3-12-23