

СТАТЬИ

УДК 504.4(282.256.16)
DOI 10.17513/use.38425

**АНАЛИЗ МИГРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ
МЕЖДУ ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ (НА ПРИМЕРЕ
КУЛУНДИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ДОЛИНЫ РЕКИ ИРТЫШ)**

Барышников С.Г.

*ФГБУН Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук, Барнаул, e-mail: sbaryshnikov18@gmail.com*

В статье характеризуются природные условия бесприточной части бассейна р. Иртыш с позиций их влияния на формирование стока и миграцию поверхностных вод. Актуальность работы обусловлена тем, что в годы повышенной влажности наблюдается движение вод по сухим тальвегам и ложбинам стока, что сопровождается подтоплением населенных пунктов, многие из которых располагаются в ложбинах стока и на поверхностях озерных террас. Цель исследования – анализ миграции поверхностных вод на основе выявления гидрологической связи между водными объектами Кулундинской низменности и долины р. Иртыш. Результаты геоинформационного моделирования геоморфологического строения ключевых участков позволили установить пути миграции вод. Признаки гидрологической связи между западной частью дельты Касмалинской ложбины стока прослеживаются в особенностях микрорельефа и строении отложений дна этой дельты. Доказательством существования подземного и поверхностного водоотвода со стороны западной части Кулундинской низменности в долину Иртыша служат озера, расположенные на высокой террасе Иртыша и питающиеся за счет разгрузки грунтовых вод ложбины стока. Между озерами, расположенными на днищах ложбин стока, периодически устанавливается гидрологическая связь, по этой причине изменяется количественное соотношение озер и солончаков. Прогнозировать перестройку гидрологической сети в условиях вариаций стока можно на основе крупномасштабных геоморфологических схем, созданных с использованием цифровых моделей рельефа. Они позволяют уточнить западную границу бесприточной части бассейна Иртыша и создать основу для моделирования хода чрезвычайных гидрологических ситуаций.

Ключевые слова: бессточные территории, река Иртыш, бесприточный участок реки, миграция поверхностных вод, ложбины стока, озера и солончаки

**ANALYSIS OF MIGRATION OF SURFACE WATER BASED
ON IDENTIFICATION OF HYDROLOGICAL CONNECTION
BETWEEN WATER BODIES (ON THE EXAMPLE
OF THE KULUNDA LOWLAND AND THE IRTYSH RIVER VALLEY)**

Baryshnikov S.G.

*Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, e-mail: sbaryshnikov18@gmail.com*

The article characterizes the natural conditions of the inflowless part of the Irtysh River basin from the standpoint of their influence on the formation of runoff and migration of surface waters. The relevance of the work is due to the fact that in years of high humidity, water movement is observed along dry thalwegs and runoff depressions, which is accompanied by flooding of settlements, many of which are located in runoff depressions and on the surfaces of lake terraces. The aim of the study is to analyze the migration of surface waters based on the identification of the hydrological connection between the water bodies of the Kulunda Lowland and the Irtysh River Valley. The results of geoinformation modeling of the geomorphological structure of key areas made it possible to establish water migration routes. Signs of the presence of a hydrological connection between the western part of the delta and the Kasmalinskaya drainage basin can be traced in the features of the microrelief and the structure of the sediments of the delta bottom. Evidence of the existence of underground and surface drainage from the western part of the Kulunda Lowland into the Irtysh Valley are the lakes located on the high terrace of the Irtysh and fed by the discharge of groundwater from the drainage trough. Between the lakes located on the bottoms of the drainage troughs, a hydrological connection is periodically established, for this reason the quantitative ratio of lakes and salt marshes changes. It is possible to predict the restructuring of the hydrological network, in conditions of flow variations, on the basis of large-scale geomorphological schemes created using digital elevation models. They make it possible to clarify the western boundary of the inflow-free part of the Irtysh basin and create a basis for modeling the course of emergency hydrological situations in its central part.

Keywords: endorheic territories, the Irtysh River, endorheic section of the river, migration of surface waters, drainage basins, lakes and salt marshes

Введение

Центральная часть бассейна р. Иртыш располагается на северной периферии континентального сектора Евразии, для которого характерно наличие областей внутренне-

го стока. Существует точка зрения [1], что эта часть бассейна относится к бессточной территории (рис. 1), не имеющей связи с водоемами, относящимися к бассейну Северного Ледовитого океана.

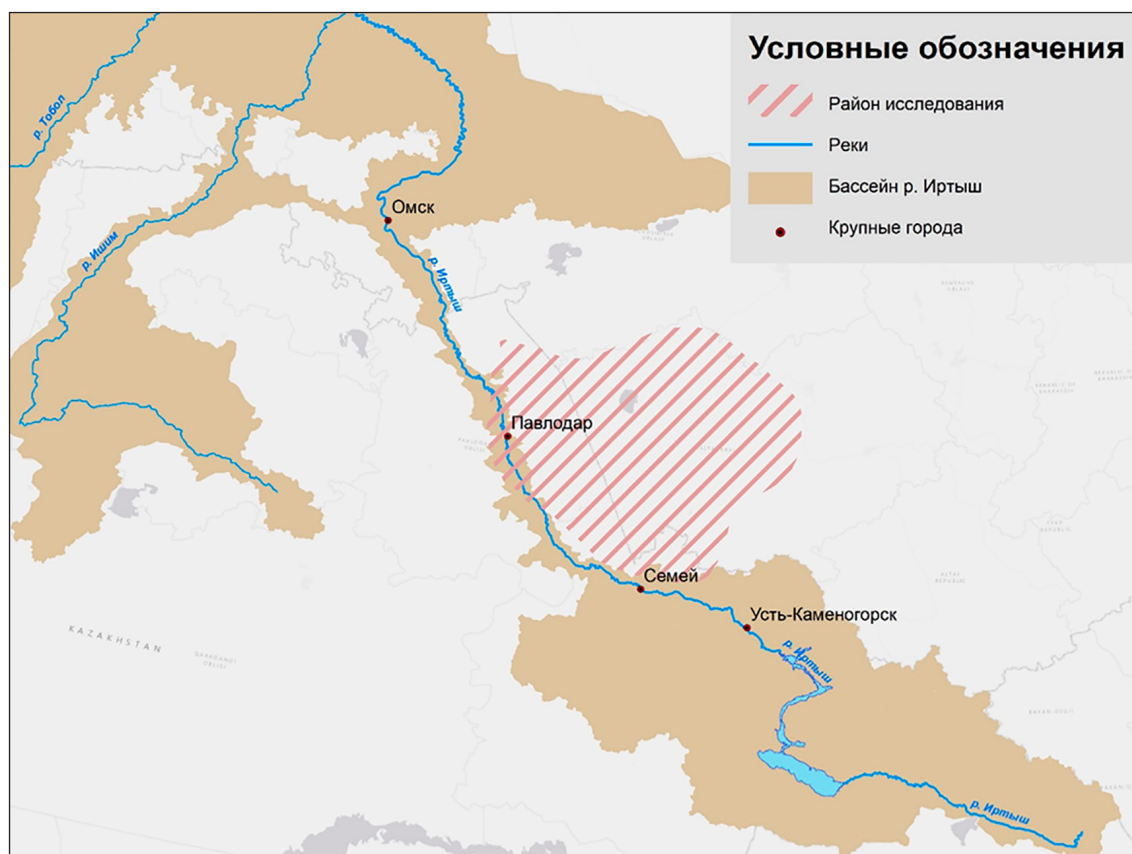


Рис. 1. Схема района исследования
Источник: составлено автором

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в годы повышенной влажности наблюдается движение вод по сухим тальвегам и ложбинам стока. Нередко это приводит к размыву дорог и подтоплению населенных пунктов, многие из которых располагаются на поверхностях озерных террас (г. Славгород, г. Экибастуз, с. Рождественское, с. Михайловское, с. Буланбай и многие другие) и первых надпойменных речных террас (г. Павлодар, с. Иртышск и др.). Эффект неожиданности наводнений обусловлен традиционным восприятием данной территории как засушливой и бессточной. Вода приходит с полей или других участков, которые считаются областями внутреннего стока. Применение методов геоинформационного моделирования позволяет установить пути миграции вод и создать основу для предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Цель исследования – анализ миграции поверхностных вод на основе выявления гидрологической связи между водными объектами Кулундинской низменности и долины р. Иртыш.

Материалы и методы исследования

В настоящее время накоплен ценный опыт применения ГИС-технологий для оценки природных условий юга Западной Сибири [2; 3].

Методика данного исследования включала полевые наблюдения, анализ крупномасштабных топографических карт и палеогеографических данных, создание цифровых моделей рельефа (ЦМР) SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), а на их основе – геоморфологических картосхем, с учетом данных натурных наблюдений.

Построение ЦМР и анализ морфометрических показателей рельефа производились в программном пакете ArcGIS. Построение крупномасштабной (1:25000) цифровой модели рельефа позволило выделить поверхности, возвышающиеся над днищами озерных котловин, суффозионных западин и ложбин стока на 0,3–0,5 м (рис. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Детальное изучение геоморфологического строения поверхности центральной

части бассейна Иртыша, изобилующей озерными котловинами, позволило установить, что многие озера выстроены в цепочки и приурочены к ложбинам стока разных размеров. В годы повышенной водности по ложбинам происходит движение поверхностных вод, но постоянных водотоков, впадающих в Иртыш, на отрезке реки от г. Семей до г. Омска нет. По этой причине можно рассматривать данную часть бассейна как бесприточную, что не исключает наличия поверхностного, но не руслового стока, направленного к долине Иртыша. Б.П. Ткачев [4, с. 80–85] также обратил внимание на условный характер «бессточности» части данной территории. На примере северо-западного фрагмента бесприточной части бассейна Иртыша

он выделил систему ландшафтно-гидрологических комплексов: стокоформирующих дренированных водоразделов; транзитных систем русло – пойма; дренированных склонов междуречий и долин рек; останцовых барьерных водоразделов; автономных, изолированных от нижних пачек отложений водоупорными горизонтами, поверхностей; аккумулирующих бессточных котловин; сезонно-переменных (временные озера, водотоки, сухие тальвеги, балки, овраги, конусы выноса) и антропогенно-преобразованных (поля орошения, в том числе лиманного, и обводненные пастбища). Стокоформирующие функции этих комплексов изменяются в зависимости от гидро-климатических условий конкретного года.

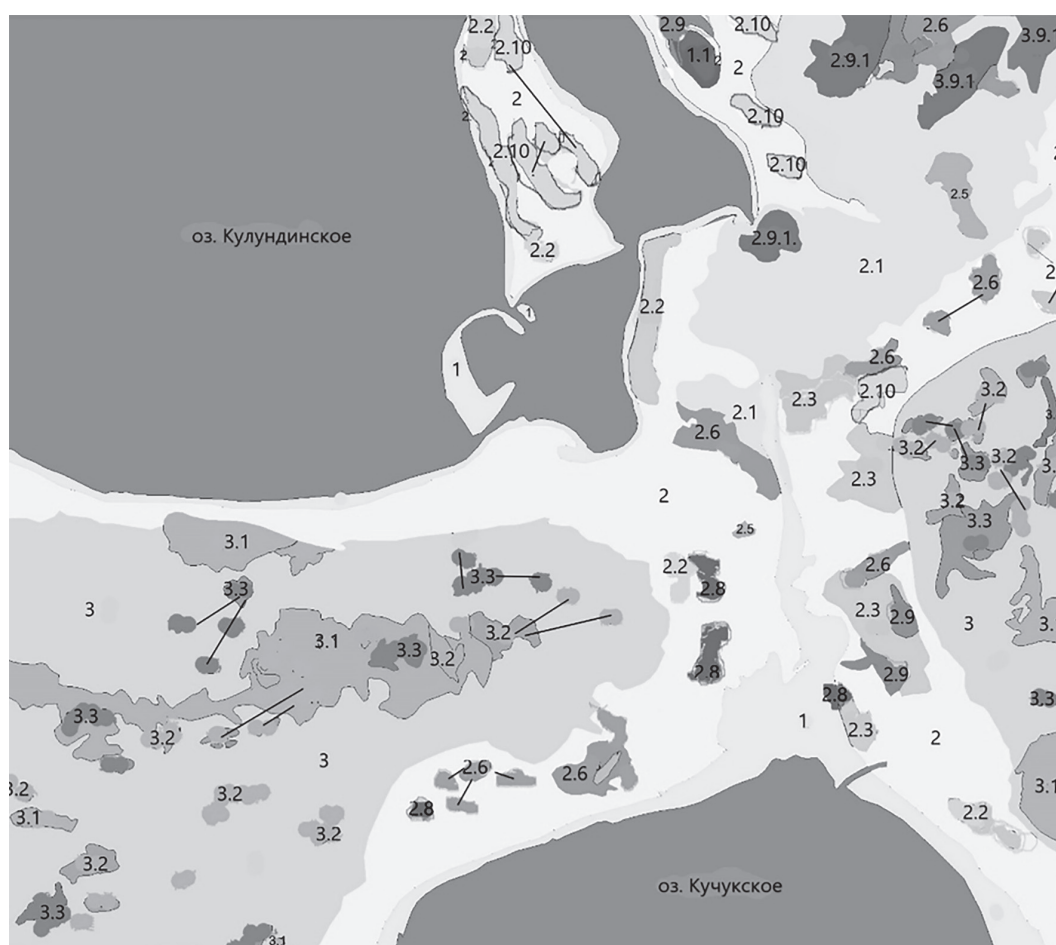


Рис. 2. Схема геоморфологического строения части котловины оз. Кулундинское и Кучукское, расположенных в западной части Кулундинской низменности (1:25 000)

Условные обозначения: 1 – средние многолетние границы современных озер; 1.1 – акватории; 2 – низкие озерные террасы; 2.1 – днища ложбинок стока; 2.2 – замкнутые понижения с высоким стоянием грунтовых вод; 2.3 – локальные водораздельные поверхности; 2.4 – слабозадернованные песчаные гряды; 2.5 – полигональные формы солончаков; 2.6 – микрозападины со стоячей водой; 2.7 – заочкаренные понижения; 2.8 – заболоченные микропонижения; 2.9 – микропонижения с галофитной растительностью; 2.10 – невысокие песчаные гряды с древесной растительностью; 3 – высокие озерные террасы; 3.1 – выровненные поверхности; 3.2 – слабоволнистые поверхности; 3.3 – неглубокие понижения с высоким стоянием грунтовых вод; 3.4 – ложбины стока

Источник: составлено автором

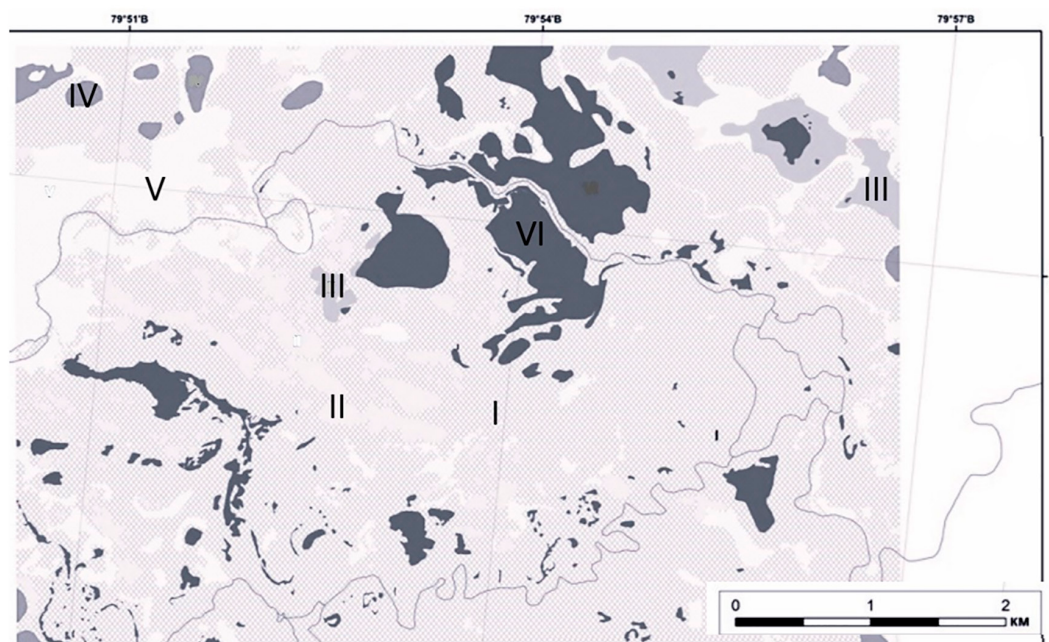


Рис. 3. Геоморфологическая схема ключевого участка, расположенного западнее оз. Топольного (1:50 000).

Элементы рельефа: I – склоны водораздельных поверхностей; II – приподнятые стокоформирующие водораздельные поверхности; III – сезонно переменные ложбины стока, осложненные суффозионными западинами и озерными котловинами; IV – аккумулярующие суффозионные западины с озерами; V – ложбины стока; VI – автономные изолированные водораздельные поверхности

Источник: составлено автором

Строение района исследования отражает не только организацию современных гидрологических объектов, но и события геологического прошлого, когда эта территория была ареной господства флювиальных процессов. Кульминация их активности пришлась на конец Сартанского времени. В результате таяния горных ледников Алтая формировались мощные потоки воды, впадающие в реку Иртыш [5, с. 191, 219; 6]. Эти потоки оставили след на поверхности Приобского плато и Кулундинской низменности в виде широких ложбин стока. Их дельтовые части можно наблюдать в правобережье Иртыша, где водоразделы чередуются с ложбинами стока, направленными в сторону современного русла реки.

Автором статьи исследовалась часть данной территории. На основе натурных наблюдений и ЦМР построена геоморфологическая схема ключевого участка, расположенного западнее оз. Топольного (район г. Славгорода) (рис. 3).

Закартированы: микрозападины, западины, котловины и ложбины стока, глубина которых изменяется от нескольких десятков сантиметров до десятков метров. Построена схема уклонов поверхности и направлений движения водных масс, выявлены элементы

рельефа, аккумулярующие воду. Это позволило установить сезонно-переменные озера, временные водотоки и тальвеги с сезонным движением вод. Например, оз. Большое Топольное соединяется неглубокой ложбиной стока с оз. Большой Ажмулат, а оно через относительно узкую ложбину стока, с цепочкой озер продолговатой формы, имеет гидрологическую связь с долиной Иртыша в районе пос. Карасук. В этом районе происходит разгрузка грунтовых вод, перемещающихся по ложбинам.

На территории ключевого участка, расположенного в окрестностях оз. Малинового, были изучены отложения дельты Касмалинской ложбины стока. В основании песчаных гряд, возвышающихся над днищем ложбины на 3–5 м, и межгрядовых понижений вскрываются пески аллювиального происхождения. В разрезе эоловой гряды, покрытой молодым разреженным сосновым лесом (рис. 4), сверху вниз обнажаются: современная подзолистая почва, слой тонкозернистого пылеватого песка ($eoI Q_4$) мощностью около 2,5 м с погребенной почвы, находящейся на глубине 0,35–0,40 м, и пачка отложений мощностью около 2 м, в которой чередуются прослойки среднезернистого песка бурого цвета и крупнозернистого песка ($al Q_4$).



Рис. 4. Сосновый лес на эоловой гряде (А) и разрезы отложений межгрядового понижения (Б) в районе оз. Малинового
 Условные обозначения: А – фото оз. Малинового и эоловой гряды, покрытой сосновым лесом;
 Б – отложения межгрядового понижения с осоковым лугом: 1 – тонкозернистый песок с включениями корней ($eoI Q_4$); 2 – тонкозернистый песок ($eoI Q_4$); 3 – тонкозернистый песок с прослойками торфа и окиси железа ($eoI-h Q_4$); 4 – крупнозернистый песок ($al Q_4$); 5 – влажный крупнозернистый песок с косой слоистостью, пятнами и подтеками окиси железа ($al Q_4$)
 Источник: составлено автором

В смежном с грядой понижении сверху вниз залегают: слой влажного тонкозернистого песка ($eoI Q_4$) мощностью около 2 м с включениями корней в верхней части и прослойкой торфа мощностью 0,5–0,7 м на глубине 0,8 м; ниже находится слой влажного крупнозернистого песка ($al Q_4$) с косой слоистостью, пятнами и подтеками окиси железа. Строение эоловых гряд и межгрядовых понижений свидетельствует о том, что в прошлом по этой ложбине происходило движение воды. В настоящее время наблюдаются: высокое стояние грунтовых вод, многочисленные озера-соры, солончаки или низинные луга, которые питаются грунтовыми водами, разгружающимися у подошв песчаных гряд.

На основе ЦМР с учетом данных натурных наблюдений построена геоморфологическая схема, которая позволяет установить не только ход сокращения обводненности территории в геологическом прошлом, но и современную последовательность пополнения водами озерных котловин и ложбин стока в годы высокой водности (рис. 5).

Размеры пересохшего водоема, существовавшего в прошлом на территории Солено-Озерной степи, показаны на рис. 5. В его бывших границах находится большая часть современных озер данного ключевого участка. Комплекс озер через ложбину сто-

ка имеет периодическую гидрологическую связь с оз. Горьким и оз. Черным, расположенным в тыловой части высокой надпойменной террасы р. Иртыш.

Четвертая и третья надпойменные террасы Иртыша имеют генетическую связь с озерно-аллювиальной равниной. На некоторых участках бассейна высокие террасы Иртыша образуют с ней единую поверхность, осложненную многочисленными котловинами и ложбинами стока, сформировавшимися в Казанцевское межледниковье (145 тыс. лет назад) [7]. Эти элементы рельефа различаются характером отложений (таблица). По данным бурения, проведенного специалистами Новосибирского геологического управления, севернее г. Семей обнаружена погребенная долина Пра-Иртыша. Между Павлодаром и Омском она прослеживается в левобережье современной реки. Ширина погребенной долины достигает 10–15 км. Ее отложения представлены 40-метровой толщиной мелкозернистых песков серого цвета с прослоями глин в верхней части и галечниками в основании. В правобережье Иртыша осадки древней долины наблюдаются в основании четвертой надпойменной террасы. Эти отложения могут послужить источниками пресных вод для нужд населения и сельского хозяйства.

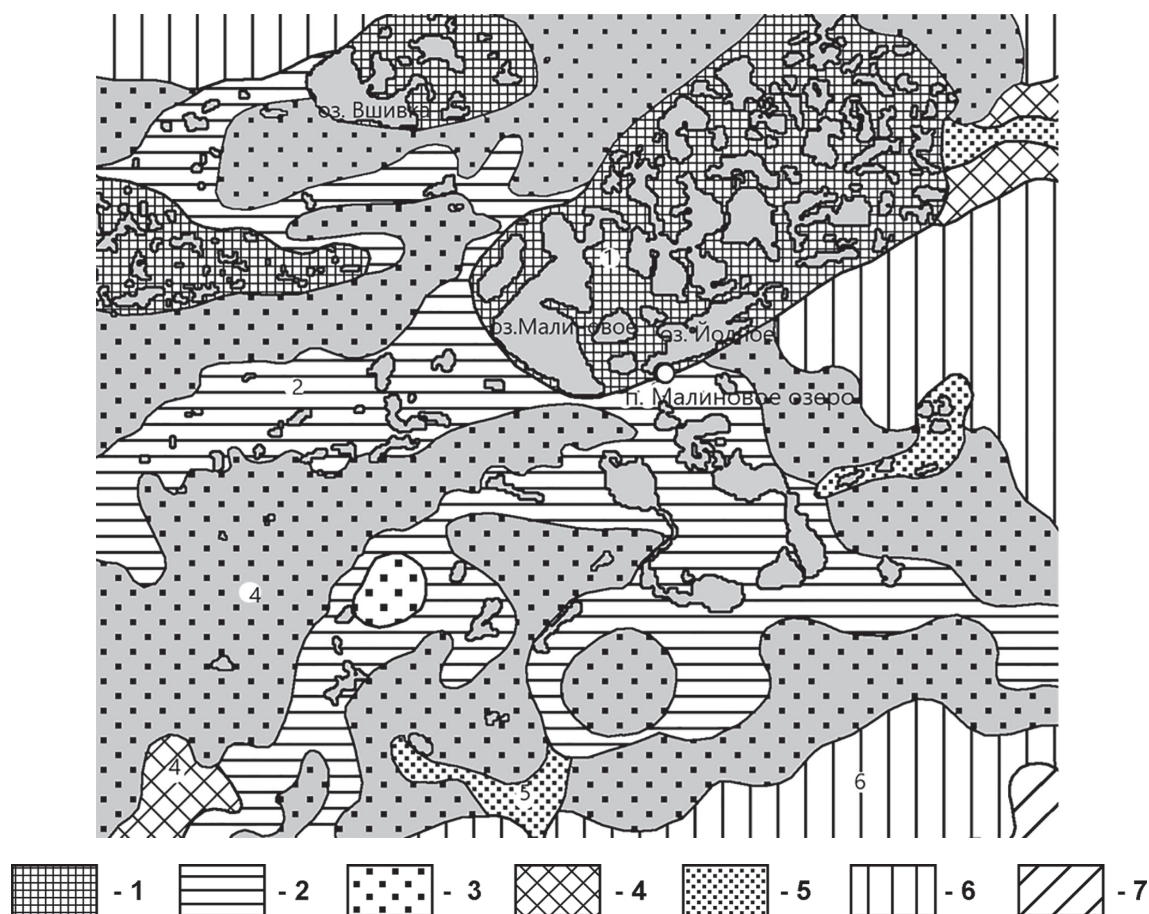


Рис. 5. Геоморфологическая схема территории, прилегающей к оз. Малиновому.
 Элементы рельефа: 1 – низкие озерные террасы; 2 – днища ложбин стока;
 3 – террасовые поверхности ложбин стока, осложненные эоловыми грядами;
 4 – останцы террасовых поверхностей; 5 – балки с долинами малых водотоков;
 6 – высокие террасы ложбин стока; 7 – склоны ложбин стока
 Источник: составлено автором

Комплекс отложений озерно-аллювиальной равнины образуют: глины, суглинки, супеси и пески четвертичного периода, в основании которых залегают глины и суглинки неогенового возраста, играющие роль водоупоров. В таких отложениях существуют аккумулирующие бессточные котловины. Отложения древних ложбин стока представлены песками разного генезиса и не являются препятствием на пути миграции грунтовых вод, как и осадки третьей и четвертой надпойменных террас Иртыша.

На поверхности третьей и четвертой террас встречаются участки гривно-ложбинного рельефа и эродированного рельефа дельтовых частей ложбин стока, которые представляют собой продолжение ложбин стока, расположенных на Кулундинской низменности. Озера тыловых частей этих террас встречаются на всем их протяжении.

Как и озера тыловой части второй надпойменной террасы, они пополняются за счет разгрузки грунтовых вод, мигрирующих по вышележащим поверхностям.

Устройство поверхности и литологический состав основных элементов рельефа (таблица) существенно влияет на формирование стока. Характер отложений определяет величину поверхностного задержания или инфильтрации вод. По песчаным отложениям вода мигрирует в замкнутые понижения, часть из которых не имеет гидрологической связи с долиной реки Иртыш. Многочисленные мелководные остаточные озера глубиной до метра, так же как древние ложбины стока, свидетельствуют о бывшей обводненности территории. Некоторые озера имеют глубину более 3–4 м и площадь до 900 м. Например, Селетытениз и Кулундинское. Озера, как правило, суффозион-

но-просадочного генезиса. Суффозионные процессы, то есть вынос частиц осадочных пород потоком подземных вод, активны и в настоящее время, что доказывает движение подземных вод в сторону речной долины, а значит, и гидрологическую связь многих озер бесприточной части бассейна Иртыша с рекой.

Характеристика элементов рельефа бесприточной части бассейна Иртыша

Элемент рельефа	Положение на территории бассейна	Абсолютная; относительная высота, м	Характер отложений	Характерные формы рельефа
Пойма	Вдоль русла Иртыша повсеместно	60–65; 3–8	На отдельных участках пойма имеет цоколь из пород третичного или среднеплейстоценового времени	Многочисленные прирусловые валы, старицы, рукава-протоки, русловые понижения, выровненные участки центральной и заболоченной прирусловой поймы
Первая надпойменная терраса	Сплошной полосой вдоль левого берега Иртыша	70–80; 6–12	Разрез образуют суглинисто-глинистые отложения пойменно-старичной фации и супесчано-песчаной русловой фации. До уреза воды мощность отложений составляет 4–8 м. Пачка русловых фаций распространяется ниже уровня воды	Реликтовые формы пойменно-руслового рельефа в виде линейно-вытянутых понижений – бывших стариц и русел. В тыловой части прослеживаются цепочки озер, питающиеся от разгрузки грунтовых вод более высокой террасы
Вторая надпойменная терраса	Преобладает вдоль левого борга долины Иртыша	90; 15–18	Русловые песчаные фации, которые в верхней части разреза перекрыты пойменно-старичными иловатыми суглинками и супесями. Мощность аллювия: 5–12 м. В цоколе третичные, реже среднеплейстоценовые отложения. Высота цоколя над урезом воды составляет 5–8 м	Волнистая поверхность с фрагментами сглаженного ложбинно-гравистого рельефа и выровненных поверхностей с котловинами озер в тыловой части
Третья надпойменная терраса	Сплошной полосой в левобережье Иртыша	100; 25	Аллювиальные супеси, пески, залегающие на грубозернистых, плохо отсортированных гравелистых песках со слабо- и средне окатанной галькой. Мощность аллювия 5–15. В его основании отложения неогена или олигоцена. Цоколь террасы приподнят над урезом реки на высоту 10–18 м	Котловины с озерами и солончаками в тыловой части. Плоская, наклонная в сторону Иртыша поверхность, осложненная замкнутыми понижениями и впадинами, некоторые из которых заняты солеными озерами или солончаками. Встречаются участки гивно-ложбинного рельефа
Четвертая надпойменная терраса	Располагается выше по течению (г. Павлодар)	130; 40–50	Аллювиальные пески и галечники в основании отложения русловой фации Пра-Иртыша, которые ложатся с разрывом на отложения третичного времени	Котловинно-западинный рельеф, многочисленные озера и болота в тыловых частях. Встречаются участки эродированного рельефа дельтовых частей ложбин стока
Озерно-аллювиальная равнина	Исследуемая часть долины Иртыша, выработана в отложениях озерно-аллювиальной равнины	100–130	Комплекс озерно-аллювиальных отложений (глины, суглинки, супеси и пески), в основании которых залегают глины и суглинки неогенового возраста	Суффозионный рельеф, грядово-западинный рельеф. Ложбины стока, наклоненные в сторону долины Иртыша

Источник: составлено автором с опорой на данные [7; 8].

На территории исследования суффозия работает в комплексе с эоловыми процессами [9; 10]. С поверхности суффозионных западин ветер сносит субстрат и формирует котловины выдувания. Перемещенные частицы породы участвуют в строительстве эоловых гряд. Такая работа ветра характерна для областей с континентальным климатом. Индекс континентальности климата по Л. Горчинскому (k) изменяется на территории исследования от 58 до 62, что характеризует ее климат как континентальный. Годовые амплитуды температуры воздуха ($At_{\text{год}}$) достигают от $-33,1$ до $38,3$ °С, что также характерно для континентального климата [11, с. 54–55].

Умеренный континентальный климат района исследования характеризуется средней январской температурой -17 – -19 °С, ее минимальные значения могут достигать -50 °С. Снежный покров сохраняется 150–160 дней, его мощность в среднем не превышает 30 см. Метелевый перенос уменьшает мощности снега на водоразделах, в таких условиях почва промерзает до глубины 1,0–1,5 м, что определяет ход весеннего снеготаяния и половодья. Весна короткая с суховеями. Средние температуры июля изменяются от $+18$ до $+22$ °С, могут достигать $+38$ – $+42$ °С. Годовое количество осадков 300–350 мм. Около 85–95% годовой суммы осадков испаряется, что определяет особенности формирования стока и выбор технологий орошения сельхозугодий; к сожалению, на территории исследования до сих пор применяется дождевание. Летом также наблюдаются суховеи и пыльные бури, во время которых относительная влажность воздуха падает до 11–15%. Коэффициент увлажнения изменяется от 0,5 до 0,7 [12]. В экстремальных климатических условиях для питания водоемов велико значение подземного стока. Грунтовые воды в районе исследования залегают неглубоко, а в понижениях рельефа становятся причиной формирования болот и солончаков. Насыщенные влагой субстраты не способны аккумулировать дополнительные объемы воды. Она в периоды интенсивного снеготаяния и ливневых осадков начинает перемещаться от одной цепочки озер к другой. Населенные пункты, расположенные в ложбинах стока или на поверхностях озерных террас, испытывают последствия такого движения и подъема грунтовых вод в годы повышенной влажности. Миграция поверхностных и подземных вод определяет ритмику изменчивости количества и площадей озер. Н.В. Глушковой и др. [13] установлено,

что в северной части района исследования с 1989 по 2001 г. происходило уменьшение площадей солончаков на 1,6% и увеличение площадей озер на 0,43%, появилось около 12 новых озер. С 2001–2008 гг. площадь солончаков приросла на 1,1%, четыре озера высохли, но появились семь новых озер. За период с 1989 по 2011 г. солончаков стало больше, а озер меньше. На территории ключевого участка, расположенного в районе оз. Малинового, с 1989–2001 гг. происходил рост площадей озер и уменьшение числа солончаков, а с 2001 по 2008 г. в засушливых условиях происходило увеличение площадей солончаков за счет пересыхания мелководных озер [3; 14]. Изменение численности озер и солончаков происходит в объект в ложбинах стока, на водораздельных поверхностях их соотношение более стабильно.

Прогнозировать перестройку гидрологической сети сложно, так как в районе исследования нет прямой зависимости между подземной и поверхностной составляющими стока. Его величина определяется не только количеством осадков, но и мощностью снежного покрова в конкретный год, фильтрационными свойствами субстрата, влажностью воздуха и интенсивность испарения. По отношению к средним многолетним значениям (100–300 мм) годовой слой поверхностного стока в маловодные годы может снижаться на 30% от среднего, а в многоводные годы увеличивается в 5–6 раз. Усиление экстремальности климата, которое сопровождается ростом повторяемости осадков ливневого характера [15; 16], также усложняет прогноз гидрологических событий. На природные условия ритмического изменения стока [17; 18] накладывается также влияние антропогенного фактора: объектов транспортной, промышленной и социально-бытовой инфраструктуры, мелиоративных систем. Например, зарегулированность стока рек прудами и водохранилищами (рис. 1) привела к тому, что на рассматриваемом участке бассейна срезаны пики весеннего половодья, поднялись меженные уровни, а также уровни грунтовых вод выше плотин водохранилищ, происходят подпорные явления.

Использование ЦМР для создания схем геоморфологического строения территории позволяет установить пути миграции вод, последовательность заполнения котловин и ложбин стока водными массами в периоды разной водности и создать основу для моделирования хода чрезвычайных гидрологических ситуаций.

Заключение

На поверхности Кулундинской низменности располагаются древние ложбины стока, их дельтовые части примыкают к долине Иртыша. На днищах этих элементов рельефа находятся современные озера и солончаки, между которыми периодически устанавливается гидрологическая связь. Признаки современной миграции поверхностных и грунтовых вод в сторону долины Иртыша прослеживаются в уклонах поверхности и строении отложений днища дельты Касмалинской ложбины стока. Доказательством существования подземного и поверхностного водоотвода со стороны западной части Кулундинской низменности в долину Иртыша служат озера и болота, расположенные в тыловой части высокой террасы Иртыша и питающиеся за счет разгрузки грунтовых вод ложбины стока.

Прогнозировать перестройку гидрологической сети в условиях вариаций стока можно на основе крупномасштабных геоморфологических схем, созданных с использованием цифровых моделей рельефа. Схемы позволяют уточнить западную границу бесприточной части бассейна Иртыша и создать основу для моделирования хода чрезвычайных гидрологических ситуаций.

Список литературы

1. Мезенцева О.В. Ресурсы суммарного климатического местного стока на юге Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 318. С. 223–229. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursy-summarnogo-klimaticheskogo-mestnogo-stoka-na-yuge-zapadnoy-sibiri> (дата обращения: 04.07.2025).
2. Чупина Д.А., Зольников И.Д. Геоинформационное картографирование форм и типов рельефа на основе морфометрического анализа // Геодезия и картография. 2016. № 6. С. 35–43. URL: https://geocartography.ru/scientific_article/2016_6_35-43 (дата обращения: 04.07.2025).
3. Чупина Д.А., Зольников И.Д., Смоленцева Е.Н., Лащинский Н.Н., Никулина А.В., Картозия А.А. Геоинформационное картографирование территории по реакции к иссушению и увлажнению (юг Западно-Сибирской равнины) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2018. № 81–90. С. 81–90. URL: https://izvestia.igras.ru/jour/issue/view/41?locale=ru_RU (дата обращения: 04.07.2025). DOI: 10.1134/S2587556618050047.
4. Ткачев Б.П. Бессточные области юга Западной Сибири. Структура и динамика. Томск: Томский государственный университет, 2001. 158 с. ISBN 5-7511-1451-5.
5. Малолетко А.М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Томский государственный университет, 2008. 288 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000350177> (дата обращения: 04.07.2025). ISBN 5-94621-266-4.
6. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Маликова Е.Л. Лёссово-почвенная последовательность и эоловый рельеф плейстоцена Западной Сибири: хронология и особенности их формирования // Геоморфология и палеогеография 2024. Т. 55. № 2. С. 34–62. URL: <https://journals.rcsi.science/2949-1789/article/view/276397/255346> (дата обращения: 04.07.2025).
7. Вольвах Н.Е., Курбанов Р.Н., Вольвах А.О., Зыкина В.С., Хашевская Д.Е., Булард Я.П., Мюррей Э.С. Первые результаты люминесцентного датирования лёссово-почвенных серий юга Западной Сибири (опорный разрез Ложок). Известия РАН. Серия географическая. 2021. Т. 85. № 2. С. 284–301. URL: <https://izvestia.igras.ru/jour/article/view/1298/772> (дата обращения: 04.07.2025). DOI: 10.31857/S2587556621020151.
8. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах Н.Е., Вольвах А.О. Новые данные о хроностратиграфии верхнеплейстоценовой лёссово-почвенной серии юга Западной Сибири // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500. № 2. С. 193–199. DOI: 10.31857/S2686739721100200.
9. Мезенцева О.В., Грицаенко А.Э. Количественные показатели суффозионных и карстовых процессов в Омской области // Успехи современного естествознания. 2024. № 7. С. 27–33. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38286> (дата обращения: 04.07.2025). DOI: 10.17513/use.38286.
10. Мезенцева О.В., Грицаенко А.Э. Геоэкологическая оценка вероятности возникновения карстово-суффозионных явлений в южных районах Омской области // Успехи современного естествознания. 2025. № 1. С. 17–22. URL: <https://natural-sciences.ru/en/article/view?id=38365> (дата обращения: 04.09.2025). DOI: 10.17513/use.38365.
11. Агроклиматические ресурсы Павлодарской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова. Астана, 2017. 127 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ingeo.kz/wp-content/uploads/2017/11/> (дата обращения: 04.07.2025).
12. Мезенцева О.В., Кусаинова А.А., Тусупбеков Ж.А. Районирование территории степной зоны Северного Казахстана и сопредельной территории России по условиям тепло- и влагообеспеченности // Успехи современного естествознания. 2024. № 4. С. 50–55. URL: <https://s.natural-sciences.ru/pdf/2024/4/38248.pdf> (дата обращения: 04.07.2025).
13. Глушкова Н.В., Чупина Д.А., Котлер С.А. Анализ динамики засоленных комплексов для оценки степени аридизации территории Западной Сибири на основе ГИС и ДЗЗ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2013. IX Международные научные конгрессы (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). Новосибирск: СГТА, 2013. С. 77–81. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-dinamiki-zasolennykh-kompleksov-dlya-otsenki-stepeni-aridizatsii-territorii-zapadnoy-sibiri-na-osnove-gis-i-dz> (дата обращения: 04.07.2025).
14. Чупина Д.А., Никулина А.В., Картозия А.А. Влияние процессов иссушения/увлажнения на ландшафтные предпосылки человека на территории Барабы в голоцене // Пути эволюционной географии: материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 23–25 ноября 2016 г.). М.: ИГ РАН, 2016. 784 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.old.archeo.ru/struktura-1/отдел-палеолита/pdf/2016.pdf> (дата обращения: 04.07.2025).
15. Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 1. С. 84–103. DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-84-103.
16. Шарапова А.А., Кужевская И.В., Каштанова К.А., Поляков Д.В. Характеристики экстремальных осадков на территории Западной Сибири // Географический вестник. 2017. № 3 (42). С. 88–98. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristiki-ekstremalnyh-osadkov-na-territorii-zapadnoy-sibiri> (дата обращения: 04.07.2025). DOI: 10.17072/2079-7877-2017-3-88-98.
17. Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 62–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klimat-zapadnoy-sibiri-v-fazu-zamedleniya-potepleniya-1986-2015-gg-i-prognozirovaniye-gidroklimaticheskikh-resursov-na-2021-2030-gg> (дата обращения: 04.07.2025).
18. Георгиади А.Г., Кашутин Е.А. Долговременные изменения стока крупнейших сибирских рек // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. Вып. 5. С. 70–81. URL: https://izvestia.igras.ru/jour/article/view/458?locale=ru_RU (дата обращения: 04.07.2025).