

REFLECTION OF ACTIVE FAULTS IN MORPHOLOGY OF RIVER
CHANNELS CROSSING THEM AND IN THE STRUCTURE
OF CHANNEL ALLUVIUM (THE PODKAMENNAYA TUNGUSKA RIVER BASIN)

BORODIN V. P.

Summary

The influence of disjunctive tectonics is shown on the distribution of channel alluvium along the river profile as well as formation of shoals and bars (the case of the Podkamennaya Tunguska river basin), a possibility is proved of obtaining additional information from neotectonical structure of some region basing on the analysis of channel morphology and the character of channel alluvium.

УДК 551.4(574.1)

БРОНГУЛЕЕВ В. ВАД., ПШЕНИН Г. Н., РОЗАНОВ Л. Л.

О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА
ВОСТОЧНОГО ЧИНКА ПЛАТО УСТЮРТ

Материалы по геоморфологии западного побережья Арала и восточного чинка Устюрта пока скудны и нередко противоречивы. Наибольшей изученностью характеризуются низкие морские террасы (древне- и новоаральская) и пляжевая полоса побережья (Берг, 1908; Луппов, Эберзин, 1945; Федорович, 1946; Лымарев, 1967, и др.). Менее репрезентативны данные по высоким уровням, интерпретация которых как морских террас далеко не бесспорна (Елифанов, 1961; Кирюхин и др., 1966; Кесь, 1969; Вейнбергс и др., 1972, и др.). Наконец, наиболее слабо освещена (Берг, 1908; Кирюхин и др., 1966; Лымарев, 1967) геоморфология полосы между восточным чинком Устюрта и западным побережьем Арала, которую мы называем промежуточной ступенью.

В настоящем сообщении изложены некоторые выводы по морфологии и механизму формирования этой промежуточной ступени, привлекавшей внимание авторов характерными особенностями рельефа. Нами был обследован участок западного побережья Арала и полоса, окаймляющая чинк Устюрта между мысами Актумсык — Улькентумсык. По особенностям рельефа рассматриваемый район может быть разделен на три части (снизу вверх): полоса осушки и пляжа, ограниченная с тыла клифом, у подножия которого развиты фрагменты древне- и новоаральских морских террас, промежуточная ступень и, наконец, собственно восточный чинк плато Устюрт (рис. 1).

Полоса осушки и пляжа включает в себя обнажившуюся в результате современного падения уровня Аральского моря абразионную платформу, выработанную либо в довольно интенсивно-дислоцированных, либо в моноклинально падающих от побережья олигоцен-миоценовых песчаных и мергелистых глинах и глинистых мергелях.

Дислокации олигоцен-миоценовых глин полосы осушки представляют собой срезанные абразией мелкие складки с довольно крутыми (до 15—20°) крыльями. Оси складок в общем параллельны линии побережья. По-видимому, аналогичные образования были описаны В. И. Лымаревым (1967) у м. Актумсык под названием валиков выдавливания.

В тыловой части пляжевой полосы фрагментарно развиты низкие морские террасы: новоаральская и древнеаральская (рис. 2). Самая низкая новоаральская терраса располагается в среднем на отн. высоте порядка 2,5—3 м над уровнем Арала в период 1960—1970 гг., несколько меньшим, чем средний многолетний уровень эпохи до 1960 г., равный 53 м (Николаева, 1969). Абс. высота древнеаральской террасы 56—57 м.

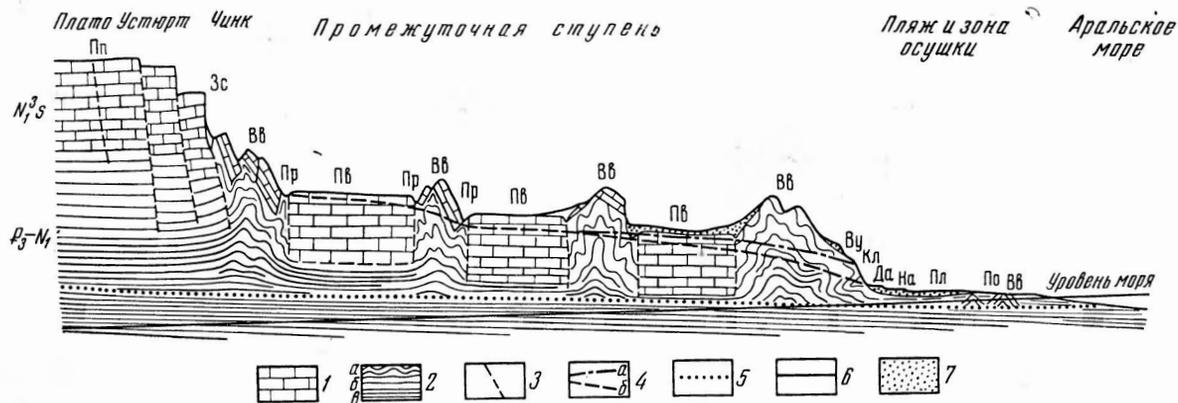


Рис. 1. Схематический геолого-геоморфологический разрез между западным берегом Аральского моря и восточным чинком плато Уstyurt

1 — известняки и мергели; 2 — глины: а) дислоцированные, б) недислоцированные, в) уплотненные; 3 — трещины отпора и отседания; 4 — тальвеги оврагов: а) древний врез, б) современный врез; 5 — граница пластичных и уплотненных олигоцен-миоценовых глин; 6 — уровень Аральского моря; 7 — отложения пляжа, молодых террас, делювия, пролювия, коллювия. Буквами обозначены: $N_1^3 S$ — сарматские известняки, $Pg_3 - N_1$ — олигоцен-миоценовые глины, Пп — основная поверхность плато, Зс — зона гравитационного свала, Вв — вал выдавливания, Пр — пограничный ров, Пв — продольная впадина, Ву — проблематичные высокие террасовые уровни, Кл — клиф, Да — древнеаральская терраса, На — новоаральская терраса, Пл — пляж, По — полоса осушки

Относительная высота составляет в среднем 4,5—5,5 м (для уровня 1960—1970 гг.). Террасы сложены песками, гравием, гальками и валунами известнякового и мергелистого состава, а также окатанными сидерит-марказитовыми конкрециями.

Склон клифа, примыкающий с тыла к низким морским террасам или пляжу, характеризуется обычно прямолинейным, реже вогнутым профилем. Подножие клифа иногда перекрыто очень молодыми, сформированными за последнее десятилетие коллювиальными и делювиально-пролю-

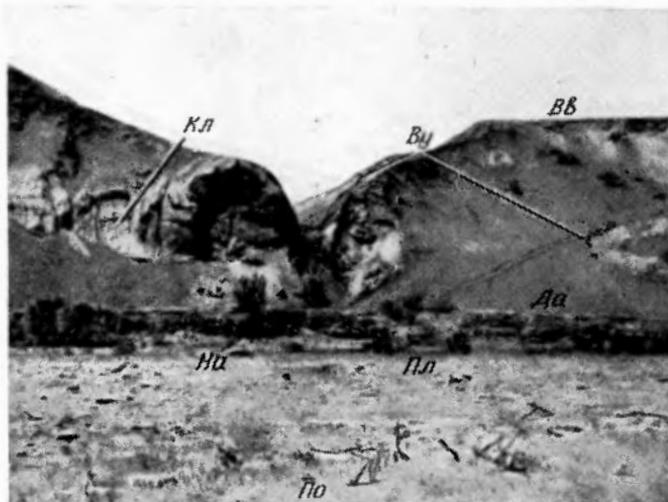


Рис. 2. Западное побережье Аральского моря к югу от м. Актумсык
Усл. обозн. см. рис. 1

виальными отложениями. Нередко подножие клифа завяено эоловыми песками, формирующими береговые дюны и языками, «всползающими» по склону клифа на более или менее отлогих его участках или блокирующими устья оврагов (Вейнбергс и др., 1972). Верхняя кромка клифа выражена достаточно резко, иногда закруглена. В последнем случае несколько выположен и склон клифа. Относительные высоты откоса не выходят из интервала 15—23 м, составляя обычно 16—18 м.

Увеличение относительной высоты откоса совпадает с пересечением его фронтом так называемых валов или гряд выдавливания, развитых над клифом в пределах промежуточной ступени (рис. 2). Уменьшение относительной высоты отвечает пересечению клифа с межрядовыми плоскими впадинами. В общем единообразная высота откоса, а также наличие над ним выровненных площадок позволяют предполагать развитие здесь одного или нескольких денудационных уровней. Возможно, эти уровни опираются на древнюю (раннеголоценовую?), может быть, додревнеаральскую, по В. И. Лымареву (1967), морскую террасу, отн. высоты которой определены им в 10—12 м.

В некоторых районах Аральского побережья — на юге (Муйнак), юго-западе (Аджибай) и северо-западе фиксируются также уровни на высотах 12—16 и 19—21 м. Многие исследователи (Епифанов, 1961; Кирюхин и др., 1966; Клейнер, Кравчук, 1966, и др.) отождествляют эти уровни с морскими террасами на основании находок на них раковин *Cardium edule* L., *Dreissena caspia* Eichw. Однако И. Г. Вейнбергс, В. Г. Ульст, В. К. Розе (1972) подобные образования, в частности на северо-западе Арала, считают отпрепарированными пластово-денудационными формами, а появление на них заведомо голоценовой морской

фауны объясняют ветровым заносом. По нашему мнению, существующий фактический материал не дает достаточных оснований для того, чтобы уверенно отнести упомянутые уровни к морским террасам или плас- тово-денудационным образованиям.

Нами также наблюдались в изученном районе песчаные отложения, формирующие террасовидные поверхности на отн. высотах 16—18 и 34—38 м. Можно только предполагать, что если это действительно фраг-

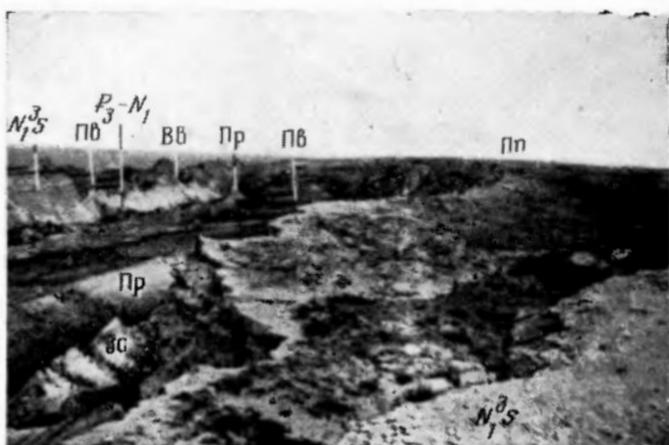


Рис. 3. Восточный чинк Устюрта и промежуточная ступень в районе м. Улькентумсык

Усл. обозн. см. рис. 1

менты морских террас, то они могли быть «вздернуты» на различные высоты экзотектоническими поднятиями валов выдавливания (о чем подробнее будет сказано ниже). Поэтому мы считаем, что корреляции террасовых уровней, производимые только по их отн. высотам, могут приводить к ошибочным выводам.

Рельеф промежуточной ступени (между восточным чинком плато Устюрт и западным побережьем Арала) характеризуется значительным своеобразием. Ширица ступени колеблется от 0,5—1,5 км на выступах побережья до 2,5—4 км на вогнутых участках. Поверхность промежуточной ступени представляет собой закономерное чередование нескольких (2—4) параллельных валов (хребтиков, гряд) и впадин (рис. 3). Валы сложены красноцветными олигоцен-миоценовыми глинами и мергелями, существенно гипсоносными (гипс рассеянный и прослоями), перекрытыми раздробленной до крупных глыб и частично смытой броней сарматских белых ракушняковых известняков и мергелей. Во многих местах перекрывающие известняки уже полностью уничтожены. Поражает строгая линейность валов в сочетании с крутосклонностью, контрастирующей с плоскими днищами разделяемых валов впадин. Высота валов 5—20 м. В разрезе валы представляют собой веерообразные и грибовидные антиклинали, часто дополняемые антивергентно направленными чешуйчатыми микровзбросами, возможно, указывающими на гравитационное «расползание» структур.

Днища продольных впадин большей частью бронированы сарматскими известняками. Лишь на отдельных участках впадин, расположенных на приморской части промежуточной ступени, сарматская броня уничтожена или перекрыта и поверхность образована либо дробнорасчлененными красноцветными глинами с выцветами солей, либо пухлыми солончаками. От валов бронированные днища впадин, как правило, отделяют-

ся узкими рвами. Ширина впадин — первые сотни м, пограничных рвов — 10—15 м, глубина рвов 2—5 м.

Как валы, так и впадины на некоторых участках расчленены неглубокими, но морфологически резко выраженными овражными системами. В верховьях (ближе к чинку) они характеризуются в плане параллельно-решетчатым рисунком, обусловленным линейным расположением дренируемых ими валов и впадин промежуточной ступени, а в низовьях (ближе к побережью) — расположение оврагов инсеквентное. В примор-



Рис. 4. Восточный чинк Устьюрта и продольная впадина севернее урочища Кабанбай
Усл. обозн. см. рис. 1

ской части глубина овражных врезов достигает 30 м; они характеризуются V-образным поперечным профилем и очень крутыми (местами до 35—40°) склонами. Верхние части склонов более пологи, восстановленный профиль оврагов имеет корытообразную форму. Базис денудации более древних врезов примерно соответствует перегибу, фрагментарно прослеживаемому на откосах клифа на отн. высоте 10—15 м южнее м. Улькентумсык и 17—20 м южнее м. Актумсык. Подобная двучленность поперечного профиля и «подвешенность» базиса денудации корытообразного вреза относительно современного уровня Аральского моря были отмечены также Л. Г. Кирюхиным, В. Н. Кравчук и П. В. Федоровым (1966) и связывались ими с упоминавшейся выше дискуссионной 20-метровой морской террасой.

Отметим также некоторые важные морфологические особенности рельефа параллельных валов и впадин промежуточной ступени. Валы характеризуются наибольшей длиной и тянутся без перерывов (исключая эрозионные пропилы и денудационное срезание на отдельных участках) на несколько десятков км. Их абс. высоты уменьшаются по направлению от чинка к побережью. Абс. высоты днищ впадин в том же направлении уменьшаются гораздо сильнее — от 190—200 до 80—90 м южнее м. Актумсык. Впадины характеризуются меньшей продольной протяженностью — до первых десятков км. Они косо пересекаются невысокими грядами, причленяющимися к основным продольным валам. Кроме того, против крупных выступов чинка, соответствующих мысам морского берега, впадины сужаются с одновременным повышением дна, редуцируясь при этом частично или полностью. Поэтому на поперечных профилях крупных выступов (мысов) наблюдается 1—2 впадины по сравнению с 3—4 на створах по осевым линиям крупнейших бухтообразных изгибов чинка и побережья (например, между мысами Актумсык и Улькентумсык).

Наконец, собственно чинк представляет собой простой, практически отвесный уступ в сарматских известняках с подножием, перекрытым коллювиально-делювиальным шлейфом, спускающимся в узкий ров, за которым следует площадка дна первой от чинка продольной впадины, сложенная теми же сарматскими известняками (рис. 4). На примыкающей поверхности плато наблюдаются зарождающиеся трещины отседания в виде узких расселин или невысоких до 0,5—1 м ступенек, оконтуривающих сегменты постепенно оседающих блоков (рис. 3). Часто ниже уступа располагается серия отсевиших, наклоненных как к уступу, так и от него блоков на разной стадии смещения, на выступах (мысах) чинка отсевишие блоки образуют почти непроходимую зону свала. Ниже зона отсевиших блоков отделяется от впадины, как и в предыдущем случае, узким рвом (рис. 1).

Таким образом, рельеф промежуточной ступени отличается от обычных оползней или их систем тем, что он обнаруживает четкую, весьма своеобразную упорядоченность, представляя собой систему плоских бронированных впадин с горизонтальным дном и разделяющих их узких валов, сложенных пластичным материалом — олигоцен-миоценовыми глинами, частично перекрытыми раздробленными плитами сарматских известняков. Обычные оползневые системы такой упорядоченности, как известно, не обнаруживают.

Механизм формирования рельефа промежуточной ступени на основании изложенных данных может быть представлен следующим образом. Отколовшиеся блоки сарматских известняков, потеряв сцепление с основным известняковым пластом, кроющим плато, сначала несколько отседают с наклоном верхней площадки в сторону обрыва. Образовавшиеся трещины увеличивают увлажнение подстилающих олигоцен-миоценовых глин. Эти породы и без того высокопластичны. Они деформируются при незначительных нагрузках, составляющих первые кг/см^2 (Зиангиров и др., 1970; Ломтадзе и др., 1970), а действие воды еще более увеличивает их компетентность. Благодаря возникающей разности давлений под открытой трещиной отседания и под блоками известняка в толще глин возникают напряжения, по порядку величин равные этой разности: $\sigma \approx \Delta p = \rho h$, где σ — напряжения, Δp — разность давлений, ρ — удельный (объемный) вес известняков, h — мощность известняковой толщи (толщина блоков). При $h = 100 \text{ м}$, $\rho = 2,2 \text{ Г/см}^3$ (Физические свойства..., 1967) $\sigma \approx 22 \text{ кг/см}^2$. Таких напряжений вполне достаточно, чтобы глина начала выдавливаться вверх по трещинам. Вследствие этого отколовшиеся блоки известняка как бы «тонут» в толще глин. Ранее указывалось на принципиальную возможность такого явления (Бронгулеев, Бронгулеев, 1972), представляющего собой своеобразную форму диапиризма, при которой пластичная порода заполняет трещины в перекрывающих слоях, даже если ее удельный вес больше удельного веса этих последних. Обратное соотношение удельных весов только облегчает развитие этой разновидности диапиризма и приводит к полному заполнению трещин и выдавливанию материала на поверхность. Рассматриваемый здесь случай — яркий пример подобного процесса.

Когда глина поднимается до поверхности погружающегося блока, разность давлений под известняковыми блоками и под трещиной, заполненной глиной, еще сохраняется за счет разности плотностей (или объемных или удельных весов) этих пород и составляет $\Delta \rho h \approx 4 \text{ кг/см}^2$. Таких напряжений достаточно, чтобы выдавливание глин по трещинам продолжалось. Этот процесс приводит к образованию валов выдавливания, расположенных между отдельными «тонущими» блоками, которые соответствуют продольным впадинам промежуточной ступени. Валы при этом иногда захватывают и поднимают на своей поверхности отдельные плиты известняков, оказавшиеся в зоне дробления. Образованию валов должно способствовать также и следующее обстоятельство. Давление в

толще глин из-за их высокой текучести распределяется подобно давлению в жидкости. Ближайшие к чинку и более высоко расположенные блоки действуют на толщу глин как своеобразные поршни. Из-под этих блоков — из области высокого давления — глина должна перетекать в область низкого давления — в сторону опущенных приморских блоков. Здесь происходит энергичное выжимание глин в пространство между блоками и к морю, а погружение блоков достигает своего предела. Поэтому относительная высота валов возрастает по мере приближения к линии берега. В клифе же глинистые толщи отличаются наиболее высокой дислоцированностью, до полной потери стратиграфической последовательности напластования. Поскольку происходит размыв валов и частичный перенос их материала на погружающиеся блоки, что утяжеляет последние, а кроме того, сами валы могут в какой-то мере расплываться под влиянием собственного веса (приобретая при этом антивергентную внутреннюю структуру), то известняковые плиты впадин будут погружаться до тех пор, пока не опустятся на «дно» пластичной толщи — более плотные и прочные породы низов олигоцен-миоценового разреза и подстилающие известняки мел-палеогена. Этот уровень будет пределом погружения плит во впадинах. Практически горизонтальная поверхность плотных пород ниже слоя истечения и выдавливания, на которую ложатся блоки известняков, обеспечивает общее относительное единство всей промежуточной ступени, осложняемой лишь валами выдавливания и незначительными перекасами самих блоков — днищ впадин.

Известняковые блоки кроме вертикального погружения испытывают также горизонтальные перемещения. Последние связаны с раздвиганием блоков глинистыми породами валов выдавливания, внедряющимися между ними, и скольжением плит по толще глин в свободную сторону — к морю. В то же время таким горизонтальным перемещениям способствует тектонически обусловленный общий уклон слоев к оси Западно-Аральской впадины.

В зоне берегового обрыва происходит процесс денудационной и абразионной переработки материала истечения и выдавливания. Сарматские известняки, бронирующие днища впадин, а также кроющие в отдельных случаях валы выдавливания, практически полностью уничтожаются денудацией в приморской части промежуточной ступени. Глинистый материал уничтожается как денудацией, так и абразией и размывом клифа. Это подтверждается срезанием клифом линейных мезоформ промежуточной ступени — валов выдавливания и продольных впадин. Значительная интенсивность абразионной переработки уступа клифа в недавнее время подтверждается наблюдениями Л. С. Берга (1908) и В. И. Лымарева (1967), а также в некоторой степени данными по значительным скоростям осадконакопления в Западно-Аральской впадине (Бродская, 1952).

Выяснение первопричины описанного процесса тесно связано с пока еще нерешенными вопросами плейстоценовой истории впадины Аральского моря и происхождения чинков Устюрта.

Развитие рельефа восточного чинка, возможно, осуществлялось по следующей схеме. При формировании не позднее, чем в апшероне, наиболее глубокой тектонической впадины Западного Арала, на ее западном крыле, очевидно, образовалась флексура или плакантиклиналь, связанная с отмеченными еще А. Л. Яншиным (1945, 1953) меридиональными структурами, соединяющими герцинские складчатые цепи Урала и Мугоджар на севере, Кызылкумов и Тянь-Шаня на юго-востоке. Продольная меридиональная трещиноватость и действие абразии допозднеплиоценового Палео-Арала (Федорович, 1952) обусловили заложение первичного уступа восточного чинка Устюрта, продолжавшего формироваться в течение всего позднего плиоцена и плейстоцена. Возникновение голоценового водоема Нео-Арала (Федорович, 1952) обусловило подъем

зеркала грунтовых вод и усиленное водонасыщение пластичных олигоцен-миоценовых глин. С этим временем связано возникновение оползней.

Своеобразие оползневого процесса было предопределено активным линейным прогибанием Западно-Аральской впадины, усугублявшимся изостатическими процессами (Асеев и др., 1974), и абразией, которая выравнивала выступы чинка, одновременно интенсивно перерабатывая и уничтожая сползавшие массы.

Можно предположить, что фазы активизации процессов отседания и формирования очередного вала выдавливания соответствуют эпохам высокого стояния уровня Арала — его голоценовым трансгрессиям. И, наоборот, короткие регрессивные этапы, снижающие зеркало грунтовых вод, обуславливают стабилизацию процессов оползания, выдавливания и истечения масс. Это подтверждается совпадением числа трансгрессивных фаз в голоценовой истории Арала (см., например, Вейнбергс и др., 1972) и числа валов выдавливания.

ЛИТЕРАТУРА

- Асеев А. А., Бронгулеев В. В., Муратов В. М., Пшенин Г. Н. Экзогенные процессы и реакция земной коры. «Геоморфология», № 11, 1974.
- Берг Л. С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии. «Изв. Туркестан. отд. Русск. геогр. о-ва», т. 5. СПб., 1908.
- Бродская Н. Г. Донные отложения и процессы осадкообразования в Аральском море. «Тр. Ин-та геол. наук АН СССР», вып. 115. М., 1952.
- Бронгулеев В. В., Бронгулеев В. Вад. Механизм образования диапировых структур. В сб. «Тр. Всес. заочн. политехн. ин-та», вып. 74. «Геология, геохимия и геофизика». М., 1972.
- Вейнбергс И. Г., Ульст В. Г., Розе В. К. О древних береговых линиях и колебаниях уровня Аральского моря. «Вопросы четвертичной геологии», VI. Рига, «Зинатне», 1972.
- Епифанов М. И. О террасах Аральского моря. В кн. «Геология и перспективы нефтегазоносности некоторых районов СССР». М., Гостоптехиздат, 1961.
- Зиангиров Р. С., Коробанова И. Г., Осипов Ю. Б., Сергеев Е. М., Шибанова В. С. Прочность глинистых пород. В сб. «Проблемы инженерной геологии». М., Изд-во МГУ, 1970.
- Кесь А. С. Основные этапы развития Аральского моря. В сб. «Проблема Аральского моря». М., «Наука», 1969.
- Кирюхин Л. Г., Кравчук В. Н., Федоров П. В. Новые данные о террасах Аральского моря. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 1, 1966.
- Клейнер Ю. М., Кравчук В. Н. О древней террасе Аральского моря. «Изв. Высш. учеб. завед. Геология и разведка», № 9, 1966.
- Ломтадзе В. Д., Дашко Р. Э., Кузьмин А. В., Каган А. А. Особенности свойств глинистых пород в связи с условиями их формирования (на примере северо-западных районов Русской платформы). В сб. «Проблемы инженерной геологии». М., Изд-во МГУ, 1970.
- Луппов Н. П., Эберзин А. Г. О присутствии апшеронских отложений в Сарыкамышской и Аральской впадинах. «Докл. АН СССР», т. 50, 1945.
- Лымарев В. И. Берега Аральского моря — внутреннего водоема аридной зоны. Л., «Наука», 1967.
- Николаева Р. В. Основные морфометрические характеристики Аральского моря. В сб. «Проблема Аральского моря». М., «Наука», 1969.
- Федорович Б. А. Вопросы палеогеографии равнин Средней Азии. В сб. «Проблемы палеогеографии четвертичного периода. Тр. Ин-та географии АН СССР», вып. 37. М., 1946.
- Федорович Б. А. Лик пустыни. М., Географгиз, 1952.
- Физические свойства осадочного покрова территории СССР. М., «Недра», 1967.
- Янишин А. Л. О погребенных герцинидах к востоку от Каспийского моря. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол.», т. XX (5—6). М., 1945.
- Янишин А. Л. Геология Северного Приаралья. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Нов. сер.», вып. 15 (19). М., 1953.