

УДК 551.435.162 (471.53)

© 2019 г. В.А. КАРАВАЕВ^{1,*}, М.Ю. ОПЕКУНОВА^{2,**},
С.В. СОЛОДЯНКИНА^{2,***},
Т.И. ЗНАМЕНСКАЯ^{2,****}, Ю.В. ВАНТЕЕВА^{2,*****}

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОГО ОСВОЕНИЯ НА ЛИНЕЙНУЮ ЭРОЗИЮ В ПРИОЛЬХОНЬЕ

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

*E-mail: karavaev@igras.ru, **E-mail: opek@mail.ru, ***E-mail: solodyankinasv@mail.ru,

****E-mail: tiznam@mail.ru, *****E-mail: ula.vant@mail.ru

Поступила в редакцию 17.04.2018

После доработки 27.07.2018

Принята к печати 09.10.2018

За последние десятилетия в Приольхонье значительно активизировалась водная эрозия. Масштабное рекреационное освоение, бессистемная прокладка и эксплуатация дорог привели к активизации водной эрозии и образованию многочисленных линейных эрозионных форм. Анализ геоизображений 1982–1986 гг. и 2016 г. показывает, что протяженность дорог и плотность дорожной сети выросли за 35 лет в 12.8 раза. Линейная эрозия развивается в большинстве случаев по дорогам, проложенным по тальвегам ложинно-ложбинной сети. Легкий субстрат наряду с разреженным растительным покровом (разреженность усугубляется интенсивным выпасом) предопределяют ее быстрое развитие. Промоины образуются даже на пологих склонах крутизной меньше 6°. Глубина их зависит от мощности чехла склоновых отложений и обычно не превышает 1–1.5 м. Развитие форм линейной эрозии приводит к нарушению целостности современных природных комплексов Приольхонья, что заметно снижает их устойчивость и рекреационный потенциал.

Ключевые слова: дороги, промоины, рекреация, Приольхонье.

<https://doi.org/10.31857/S0435-42812019191-102>

THE IMPACT OF RECREATION ON LINEAR EROSION IN THE OLKHON REGION

V.A. KARAVAEV^{1,*}, M.Yu. OPEKUNOVA^{2,**}, S.V. SOLODYANKINA^{2,***},
T.I. ZNAMENSKAYA^{2,****}, Yu.V. VANTEEVA^{2,*****}

¹Institute of geography RAS, Moscow, Russia

²V.B. Sochava Institute of geography SB RAS, Irkutsk, Russia

*E-mail: karavaev@igras.ru, **E-mail: opek@mail.ru, ***E-mail: solodyankinasv@mail.ru,

****E-mail: tiznam@mail.ru, *****E-mail: ula.vant@mail.ru

Received 17.04.2018

Revised 27.07.2018

Accepted 09.10.2018

S u m m a r y

In the last decade, a significant activation of water erosion was detected in the Priol'khonie (Lake Baikal). The comparison of satellite and aerial images of 1982–1986 and 2016 years shows that the length and density of the dirt road network have increased by 12.8 times during the period of 35 years. Recreational

development, unsystematic laying, and exploitation of dirt roads led to the significant increase of linear erosion and the formation of numerous erosion forms. Linear erosion develops in most cases along roads laid along the thalwegs of the ravine network. Weak substrate and sparse vegetation (sparseness is aggravated by intensive grazing) predetermine rapid development of water erosion. Thus, in most cases, the increase of the erosion network is caused by anthropogenic impact. The development of forms of linear erosion leads to the disturbance of the integrity of modern landscapes of the Olkhon region, which significantly reduces their stability and recreational potential.

Keywords: roads, gully, recreation, Priol'khonie.

За последние десятилетия в Приольхонье значительно активизировалась водная эрозия. Масштабное рекреационное освоение, бессистемная прокладка и эксплуатация дорог привели к образованию многочисленных линейных эрозионных форм.

Цель наших исследований выявить факторы активизации и распространения линейной эрозии в текущий этап рекреационно-туристической деятельности в пределах Приольхонья. Объектами стали эрозионные формы, которые появляются и развиваются в пределах стихийно проложенных дорог.

Водная эрозия, наряду с дефляцией, – важнейший для аридных ландшафтов экзогенный процесс. Б.А. Федорович отмечал, что в пустынной местности при 100–120 мм осадков в год “на 1 километр приходится до 100–120 крутостенных промоин и оврагов” [1, с. 195]. Незначительное, на первый взгляд, для разрушения литогенной основы количество осадков, приводит в условиях легкого субстрата к образованию и развитию крупных эрозионных форм. В Приольхонье выпадает примерно 200 мм осадков в год. В период с апреля по октябрь фиксируется около 90% годовых осадков, т. е. на зимние месяцы (ноябрь–март) приходится всего 10%. Это обстоятельство является основной причиной малоснежья этого района. Максимальные суммы осадков приходятся на июль–август, большая их часть выпадает в виде ливней. По данным метеостанции Хужир, например, летом 2015 г. 61 раз наблюдался ливневый дождь [3].

Дорожная сеть оказывает влияние на функционирование геосистем, развитие геоморфологических условий и процессов, гидрологический режим и, как следствие, – социально-экономические условия территории [4]. Анализу воздействия дорожной сети, в том числе грунтовых дорог [5], дорог с покрытием [6], железных дорог [7] на развитие эрозионно-аккумулятивных процессов посвящено множество зарубежных [8–12] и отечественных работ [13–16], где затрагиваются проблемы развития, активизации неблагоприятных для человека экзогенных процессов вследствие ошибочного создания или неграмотной эксплуатации линейных сооружений. Результатами этих исследований стали выводы о значительной деградации земель, опустынивании, изменении линий и каналов стока, причем эти процессы характерны как для аридных и семиаридных территорий, так и для гумидных [17, 18]. Процессы линейной эрозии рассматриваемой территории активизируются не только прокладкой новых грунтовых автодорог, но и развитием эрозионных форм на существующих дорогах, то есть действует двойной эффект воздействия на природную среду.

Район исследования

Приольхонье – центральная часть западного Прибайкалья, включающая материковое побережье пролива Малого моря и протягивающаяся на юг до устья р. Бугульдейки. Приольхонье входит в состав Прибайкальского национального парка, образованного в 1986 г. Оно занимает часть Приольхонского плато между заливами Мухор и Тутайский, вместе с северными оконечностями трех полуостровов: Улан-Хаде и двух безымянных, лежащих к юго-востоку от него (рис. 1). Геологическая история его развития привела к формированию разноранговых структурных зон и, как следствие – повышенной трещиноватости пород [19, 20].

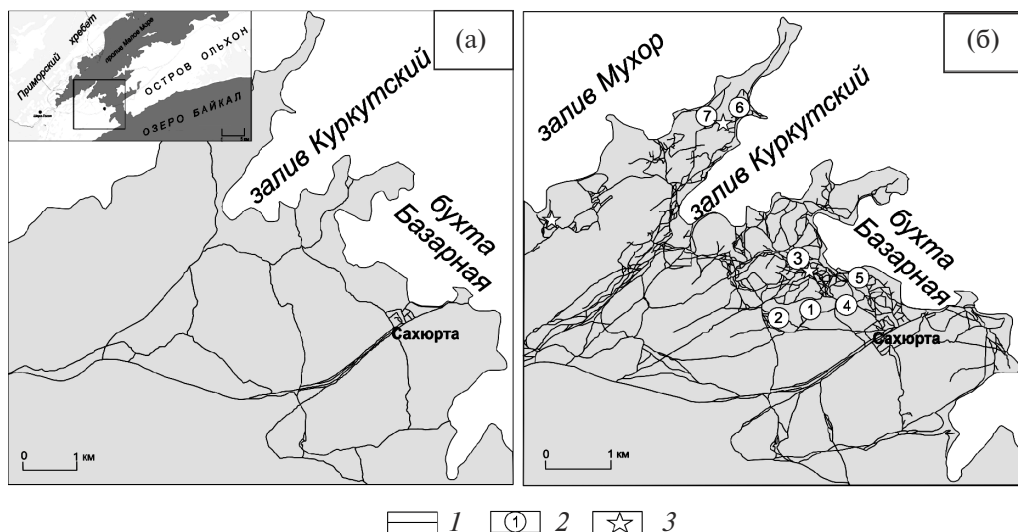


Рис. 1. Территория исследования: (а) – в 1982 г., (б) – в 2016 г.
 1 – дороги; 2 – эрозионные формы (нумерация соответствует таблице); 3 – мелкие промоины

Рельеф Приольхонского плато слабоконтрастный, лощинно-западинный, с высотными отметками до 800–900 м, с выраженным ярусным строением [21–23]. Для рельефа характерны прямолинейность его элементов, подчиненность общей структуре зоны динамического влияния Приморского разлома, а также распространение рвов и трещин – признаков влияния рифтовой морфотектоники [24].

В исследованном районе выделяется ступень придолинных перевальных педиментов – поверхность с многочисленными останцами, холмами, линейно вытянутыми грядами, с высотными отметками 600–800 м. Днища понижений сложены мраморами, гряды – гнейсами и амфиболитами. Ниже, на высотах 500–600 м, расположена система маловодных и сухих долин с пологими и средней крутизны (до 10°) бортами. Долины расчлняют поверхность на систему изолированных мелких котловин и изометрических возвышенностей. Ингрессионные денудационно-абразионные берега озера в пределах района сильно изрезаны многочисленными заливами и бухтами, самые крупные из них заливы Куркутский и Мухор, бухта Базарная. Рыхлые четвертичные отложения маломощные, представлены нерасчлененными, в основном, крупнообломочными делювиальными, пролювиальными отложениями мощностью 2–3 м [24].

Невысокие горы с плавно очерченными вершинами заняты горностепными геосистемами – разнотравно- и тонконогово-типчаковыми, ковыльными или крупнотравными степями на литоземах светлогумусовых и серогумусовых (дерновых) почвах, подстилаемых карбонатными породами и песками (рис. 2). Преобладают маломощные каменистые почвы. По механическому составу они относятся к супесчаным и легким суглинкам с преобладанием фракции мелкого песка [25]. Непосредственно на поверхности обнажений массивно-кристаллических пород формируются гумусовые петроземы. В понижениях склонов, чаще всего северной экспозиции, в щебнисто-мелкоземистой толще образуются светлогумусовые литоземы мощностью не более 30 см.

В лесостепном поясе юго-восточных склонов распространены серогумусовые (дерновые) почвы на обломочном материале.

Почвы Приольхонья обладают незначительной водопрочностью агрегатов. Наличие на небольшой глубине водоупора обуславливает подверженность почв



Рис. 2. Типичный ландшафт Приольхонья – склон с дорожной сетью (сентябрь 2017 г.)



Рис. 3. База отдыха “Фрегат” (сентябрь 2017 г.)

эрозионному смыву. Инфильтрационная способность почвы низкая. Ливневые дожди, провоцирующие смыв, проводят дополнительную дезагрегацию поверхностного слоя и сортировку материала.

На ландшафтную структуру региона влияют два основных фактора – Приморский хребет, служащий орографическим барьером на пути движения воздушных масс с запада, и водная масса оз. Байкал. В Приольхонье широко распространены степные комплексы в сочетании с лесными светлохвойными. Территория занята смешанными мелкодерновинно-злаковыми литофильными и низкотравными ландшафтами низкогорных пологих каменистых склонов, которые относятся к горно-котловинным комплексам западно-забайкальского типа [25, 26].

Согласно физико-географическому районированию бассейна оз. Байкал [26], ключевой участок расположен в Ольхонском горно-подтаежном и подгорно-степном округе (районе) подпровинции Байкальской озерной котловины, относящейся к Прибайкальской гольцово-горно-таежной и котловинной провинции Байкало-Джугджурской горно-таежной области.

Экзогенные процессы представлены термокарстом, пучением грунтов в понижениях, десерпцией на склонах, обвалами и осыпями на крутых скалистых грядках и останцовых гребнях, карстом и суффозией у подножий хребтов, отрогов, гребней, в местах выхода подземных вод, а также фитогенной седиментацией (формирование торфяников, заболачивание в долинах рек, днищах озерных котловин, вогнутых частях бухт). Повсеместно действуют флювиальные процессы, а также эоловые (дефляция и коррозия), эоловая аккумуляция отмечается локально. Поверхность преобразована ветровым сносом, делювиальным и аллювиальным смывом [27].

В.Б. Выркин еще 20 лет назад отмечал активизацию плоскостной и линейной эрозии в результате усиления антропогенного воздействия как на склонах мелких хребтов и линейно вытянутых грив Приольхонского плато, так и по его дорожной сети [28].

Антропогенное воздействие

До XX в. территория Ольхонского района была, в основном, местом расселения кочевых бурятских племен, занимавшихся преимущественно скотоводством, рыбным и нерпичьим промыслами [29, 30]. С начала XX в. начинается более интенсивное заселение территории русскими и развитие земледелия. Тем не менее, важнейшим источником пропитания и доходов населения и в советское время оставалось животноводство и рыболовство. Количество скота в 1831 г. составляло 21 704 животных. С первых лет XX в. до 1960–1970-х гг. поголовье увеличивалось и в

1970 г. превысило 60 000 голов, к 2003 г. снизилось до 15 900, а к 2012 г. — до 8 297 [31, 32]. В настоящее время скот содержится, главным образом, на личных подворьях, благодаря чему поголовье его возрастает, но возникают сложности с точным учетом.

Началом рекреационного освоения Ольхонского района считается середина прошлого века. Это был самостоятельный неорганизованный туризм [33]. В 1970-х гг. о-в Ольхон — излюбленное место туристов — владельцев автомобилей и мотоциклов. Летом 1980 г. количество туристов на маломорском побережье в среднем составило 23 человека в сутки на га, в 2003 г. — 35 человек в сутки на га. Именно это место обладает огромными ресурсами для отдыха и восстановления здоровья людей. Особая живописность пейзажей, связанная с открытыми степными и лесостепными ландшафтами, обилием экотонных участков, большая сумма солнечной радиации (до 4700 МДж/м² в год), ландшафтное разнообразие, богатство флоры и фауны, наличие пещер и памятников природы и культуры привлекают сюда как жителей близлежащих регионов, так и туристов из дальних мест.

Наиболее значительные преобразования территории произошли в советское время (1920—1990 гг.), однако, ее рекреационное освоение именно в постсоветский период играет решающую роль в изменении природной среды. В настоящее время Ольхонский район обладает максимальным потенциалом развития в Иркутской области [34].

В последние десятилетия в Приольхонье выстроено множество баз отдыха и гостиниц, причем с высоким уровнем комфорта, который требует широко развитой инфраструктуры (рис. 3). Сеть подобных предприятий только расширяется.

Анализ разновременных геоизображений

Анализируя аэрофотоснимки 1982 г. масштаба приблизительно 1:25000, привязанные к топографической карте аналогичного масштаба, составленной по материалам съемки того же года, мы установили, что протяженность дорог на территории исследования площадью 26.43 км² составляла 12.3 км, а плотность дорожной сети — 0.46 км/ км². Современные космические снимки Binq 2015—2016 гг. показывают, что протяженность дорог на том же участке увеличилась до 157.1 км, а плотность дорожной сети — до 5.9 км/км² (рис. 1). Таким образом, протяженность дорог и плотность дорожной сети выросли за 35 лет почти в 13 раз — более чем на порядок! Безусловно, привлечение в эти места большого количества людей, автомобилей, строительной техники, бессистемная прокладка и использование дорог привели к сильной активизации водной эрозии и образованию многочисленных линейных эрозионных форм — борозд, рытвин, промоин. Часто рисунок эрозионной сети повторяет рисунок сети дорожной. Ситуация усугубляется тем, что дороги на склонах зачастую неоправданно дублируют друг друга.

Эрозионные формы

Наблюдаемые нами в Приольхонье эрозионные формы по своим морфометрическим показателям относятся к горным промоинам [35—38]. Многие из них заложены по тальвегам днищ сухих долин и лощин с маломощным чехлом грубообломочных отложений. Усиление линейной эрозии в предгорьях и низкогорьях характерно не только для Приольхонья, но и, например, для Южного Урала и Предуралья [39].

Большинство промоин расположены в пределах высот 500—600 м. Антропогенная активизация эрозии в ряде случаев происходит по унаследованным формам, однако масштаб проявлений линейной эрозии по сравнению с “материнскими” формами меньше и сказывается на мезо- к микроуровнях. Промоины развиваются

**Морфометрические параметры промоин,
развитых по дорожной сети на участках Базарная и Улан-Хада**

Номер и название	Порядок	Координаты	Длина, м	Экспозиция прибрежного склона, элемент формы рельефа	Ширина, м	Глубина, м	Количество отверстий	Расстояние от вершины до ближайшего водораздела, м	Крутизна склонов, на которых расположены промоины, град.	Превышение дна устья над уровнем оз. Байкал, м
<i>Участок около бухты Базарная</i>										
1.	I	53°01'04.4" с.ш. 106°51'57.5" в.д.	200	Северо-восточный, суходол	0.3–0.5	0.1–1	0	470	5–6	63
2.	I	53°00'57.3" с.ш. 106°51'36.1" в.д.	70	Юго-восточный, ложина	0.3–0.5	0.5	0	410	5–6	99.7
3. Базарная	I I	53°01'30.5" с.ш. 106°51'50.1" в.д.	400	Восточный, ложбина стока	–	1.5	2	577	3–7	2
4.	I	53°00'55.5" с.ш." 106°52'03.8" в.д.	225	Восточный, линия тальвега	0.3–1.5	до 1	0	397	3–4	5
5.	I	53°01'25.4" с.ш. 106°52'26.4" в.д.	145	Северо-западный	до 1	0.3	0	473	до 15	6
<i>Участок на полуострове Улан-Хада</i>										
6. Фрегат	I	53°00'36.0" с.ш. 106°50'08.8" в.д.	220	Юго-восточный, ложбина стока	до 1	0.5	0	172	7	24
7. Саган-Нугэ	I I I	52°02'33.9" с.ш. 106°50'08.8" в.д.	544	Северо-западный береговой, ложбина стока	3.5	до 0.5	3	80	до 15	0

по дорожной сети, их появление инициировано человеческой деятельностью и состоит из следующих этапов: 1) нарушается (уничтожается) травянистый покров и выбивается колея; 2) при нарушении целостности грунта по колее образуются первоначальные формы – борозды струйчатого размыва; 3) происходит расширение этих форм за счет обрушения блоков отседания.

Зарождение и последующая активизация линейной эрозии происходит, главным образом, на тех участках дорог, которые проходят по тальвегам древней эрозионной сети. Эрозионные борозды закладываются по колеям, часто приуроченным к сухим долинам, причем их вершины зачастую достигают водораздельных пространств. Максимальная длина промоин 0.5–0.3 км. Глубина форм обычно незначительная, от первых десятков сантиметров в вершинах до 1–1.5 м в приустьевой зоне, расположенной обычно ниже точки увеличения крутизны склона. Ширина – от первых десятков сантиметров в среднем до 1.5–2 м, а в случаях непосредственного выхода устья к Байкалу – до двух десятков метров. Такие формы закладываются даже на относительно пологих склонах крутизной меньше 6°. Продольный профиль в их верхних частях повторяет форму склона, тогда как в транзитных он выработан. Часто промоины представляют собой

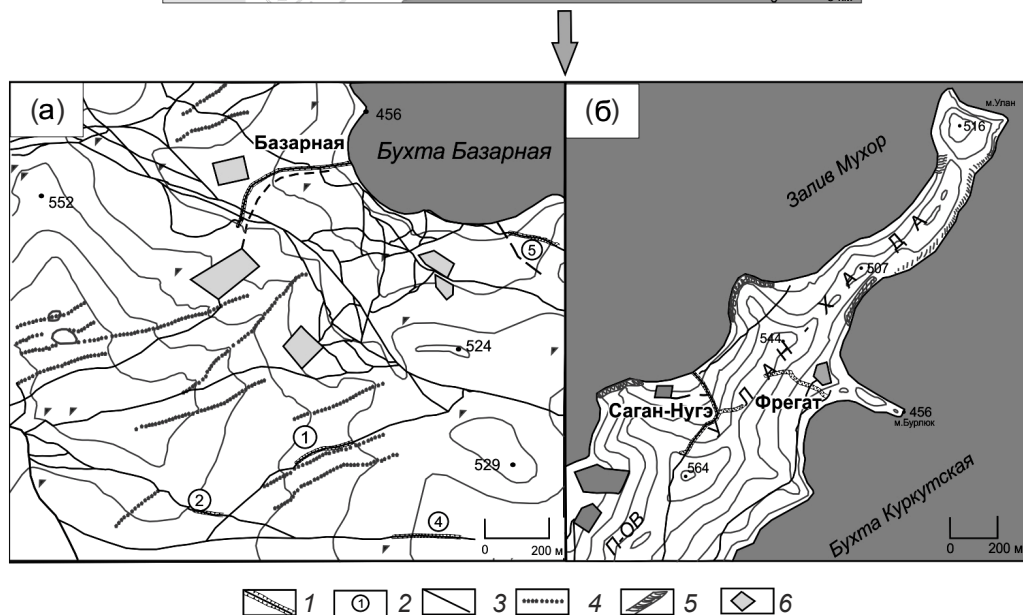


Рис. 4. Эрозионные формы на ключевых участках
 1 – современные активные формы линейной эрозии (промоины); 2 – номера эрозионных форм (нумерация соответствует таблице); 3 – дороги; 4 – гряды; 5 – обвально-осыпные склоны; 6 – территории турбаз

чередование небольших эрозионных воронок и неглубоких эрозионных бороздок. В местах перегибов склонов, при увеличении крутизны, ширина и глубина промоин увеличиваются. Также промоины расширяются за счет отседания блоков их бортов (рис. 4). В транзитной части донная эрозия быстро разрушает прикрывающий коренные породы маломощный чехол рыхлых отложений. Конусы выносов промоин, выходящих к Байкалу, не сохраняются, так как перерабатываются волновой деятельностью.

Формы могут достигать значительной длины, начинаясь от приводораздельных поверхностей и заканчиваясь у зоны пляжа (при развитии на береговых склонах). В плане эрозионные формы могут иметь сложное строение, повторяя рисунок дорожной сети. Это обусловлено маломощным чехлом склоновых отложений, либо его полным отсутствием. Продольный профиль эрозионных форм обычно волнообразный, либо ступенчатый, как в случае с Базарной, что отражает прерывистость

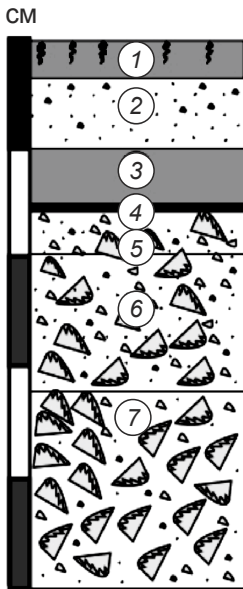


Рис. 5. Разрез отложений в устьевой части эрозионной формы Базарная
 Горизонты: 1 – почва, 2 – мелкий песок, 3 – органический слой супесчаный, 4 – уголь, 5 – песок с дрсевой и мелким щебнем с редким включением глыб, 6 – глыбово-щебнистый в песчаном заполнителе (песок 35%), 7 – глыбово-щебнистый с примесью песка, обломки различной ориентировки плотно упакованы

ны находятся на северо-западных склонах с крутизной до 15°, причем они приурочены к разным участкам исследования – северо-западные склоны обоих более крутые. Однако при подобных уклонах и при скудном количестве выпадающих осадков легоразмываемый песчаный субстрат обеспечивает формирование протяженных – в среднем около 370 м длиной – промоин. Кроме того, как видно из таблицы, только 2 формы обладают 2–3-мя отвершками, остальные их лишены – тот же легкий грунт способствует движению временных потоков с наибольшей возможной энергией без какого-либо разделения.

Ширина промоин в большинстве случаев не превышает 1 м, глубина в среднем 0.7 м. Подобные скромные морфометрические показатели их поперечного сечения, которые компенсируются многочисленностью, обусловлены небольшим количеством осадков и малыми уклонами.

Разрезы отложений, заполняющих промоины однотипны, поэтому мы приводим один пример – строение устьевой части промоины Базарная, ширина которой составляет 13 м, длина 19 м, глубина 78 см, крутизна 2.5–2.7°.

Породы представлены обломками гнейсов, амфиболитов и мраморов. В устьевой части разреза вскрываются (сверху вниз) отложения, которые возможно разделить на две толщи. Первая, со следами антропогенного преобразования объединяет маломощный (до 3 см) – верхний, гумусовый горизонт светлогумусовых типичных маломощных песчаных сильно скелетных почв. Уплотнение этого горизонта произошло за счет антропогенного воздействия в месте туристических стоянок.

эрозионно-аккумулятивного процесса. Уклон поверхностей варьирует в пределах от 2 до 15°.

Для подробного описания и последующего мониторинга мы выбрали три крупные эрозионные формы, репрезентативные для всей исследуемой территории и наиболее ярко иллюстрирующие местные особенности развития водной эрозии – Базарную (названа по одноименной бухте, на берегу которой находится), Фрегат и Саган-Нугэ (названия получили от одноименных баз отдыха, которые располагаются поблизости) (рис. 5). Промоины расположены на двух участках, при выборе мы исходили из их типичности для Приольхонья, выработанности русла и размеров, что позволяет нам судить о линейной эрозии во всем регионе.

На первом этапе их исследования, который описывается в статье, мы измеряли длину, разбивали поперечные профили на наиболее характерных участках, описывали разрезы отложений, проводили фотосъемку. Их подробные характеристики сведены в таблицу, в тексте же приведен обобщенный анализ.

Крутизна склонов восточных экспозиций, на которых расположены объекты, не превышает 7°, только две промоины

Почвенный горизонт разделен 7-сантиметровым слоем мелкозернистого песка, который, вероятно, маркирует активную фазу дефляции. Погребенный органический супесчаный слой мощностью 7 см сопряжен с прослоем угля мощностью до 2 см — остатками кострища — и соответствует фазе аккумуляции материала.

Ниже вскрывается вторая толща, включающая делювиально-пролювиальные отложения. В ней сверху вниз наблюдается укрупнение грубообломочного материала (средние размеры отдельностей 13–15 × 5–6 × 7–9 см). Выделяются выполненный песком средне-крупнозернистый слой с дресвой и мелким щебнем с редким включением глыб (мощность 4 см), а также глыбово-щебнистый в песчаном заполнителе (песок среднезернистый) мощностью 15 см. Нижний слой, 7-й, представлен как пролювиальными отложениями, так и материалом разрушения коренного основания. Это глыбово-щебнистый горизонт с примесью средне- и крупнозернистого песка, обломки плотно упакованы (мощность 21 см).

Заключение

Протяженность дорог и плотность дорожной сети выросли за 35 лет в 12.8 раза. Активное рекреационное освоение, бессистемная прокладка и эксплуатация дорог привели к сильной активизации водной эрозии и образованию многочисленных линейных эрозионных форм. Линейная эрозия развивается в большинстве случаев по дорогам, проложенных по тальвегам древней ложино-ложбинной сети. Легкий субстрат и разреженный растительный покров предопределяют ее быстрое развитие. Ситуация усугубляется интенсивным выпасом. Таким образом, в большинстве случаев разрастание эрозионной сети вызвано антропогенными причинами. Развитие форм линейной эрозии приводит к нарушению целостности современных природных комплексов Приольхонья, что заметно снижает их устойчивость. Дальнейшие исследования линейной эрозии в Приольхонье предполагается нацелить на отслеживание динамики морфометрических показателей выбранных промоин, постановки экспериментов по оценке инфильтрационной способности местных почв.

Благодарности. Статья подготовлена по теме госзадания “Палеогеографические обстановки четвертичного периода и рельефообразующие процессы как основа современных ландшафтов и фактор жизнедеятельности древнего и современного человека” (Панин А.В.) Института географии РАН (№ 0148-2019-0005 и № АААА-А19-119021990091-4) и СО РАН при частичной финансовой поддержке РФФИ (№ 17-05-00588_А) и РГО (№ 17-05-41020 РФФИ-РГО).

Acknowledgements. The present study was supported by state assignment “Paleogeographic conditions of Quaternary period and relief-forming processes as the basis of modern landscapes and the life factor of ancient and modern man” (Panin A.V.) of the Institute of Geography RAS (No. 0148-2019-0005 and No. АААА-А19-119021990091-4) and SB RAS and partly funding by RFBR (project No. 17-05-00588_А) and RGS (project No. 17-05-41020 RFBR-RGS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорович Б.А. Аэрофотосъемка и вопросы изучения и освоения пустынь // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1943. № 4. С. 195–206.
2. Маккавеев Н.И. Развитие эрозионных процессов в различных природных условиях // Эрозионно-аккумулятивные процессы и рельеф русла реки. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. С. 115–126.
3. Расписание погоды. <http://www.siteinfotool.com/rp5.ru>
4. Richard T., Forman T., and Lauren E.A. Roads and Their Major Ecological Effects // Annual Review of Ecology and Systematics. 1998. Vol. 29. P. 207–231.

5. Ганболд Б., Даваасурэн Д., Бямба О. Эрозия почв, вызванная грунтовыми автодорогами // Молодой ученый. 2017. № 5 (139). С. 99–103.
6. Nkemjika C.C., Akobi C.C., Onuoha K.C., and Idhoko K.E. Evaluation of Erosion Effects on Some Roads in Yenagoa City of Bayelsa State, Nigeria // International Journal of Science and Research(IJSR)ISSN(Online): 2319–7064.
7. Artemi C., Gimenez-Morera A., Gonzalez-Pecalzo F., Burguet M., Pereira P., and Ruiz J.R. Soil erosion on road and railways embankments in the Canyoles river Basin // Eastern Spain Conference Paper April 2013.
8. Baird E.J., Floyd W., van Meerveld I., and Anderson A.E. Road Surface Erosion, Part 1: Summary of Effects, Processes, and Assessment Procedures // Streamline Water management bulletin. Vol. 15. No. 1. S. 2012.
9. Ramos-Scharryn C.E. and MackDonald L.H. Measurement and prediction of sediment production from unpaved roads, St. John, US Virgin Islands // Earth Surf. Process. Landforms 30, 1283–1304 (2005).
10. Vollmer A.I., Maza B.G., Medica P.A., Turner F.B., and Bamberg S.A. The impact of off-road vehicles on a desert ecosystem // Environmental Management. 1977. Vol. 1. Iss. 2. P. 115–129.
11. Richard T., Forman T., and Lauren E.A. Roads and Their Major Ecological Effects // Annual Review of Ecology and Systematics. 1998. Vol. 29. P. 207–231.
12. Ouren D.S., Haas Ch., Melcher C.P., Stewart S.C., Ponds P.D., Sexton N.R., Burris L., Fancher T., and Bowen Z.H. Environmental effects of off-highway vehicles on Bureau of Land Management lands: A literature synthesis, annotated bibliographies, extensive bibliographies, and internet resources // U.S. Geological Survey. 2007. Open-File Report 2007–1353. 225 p.
13. Арманд Д.Л. Антропогенные эрозийные процессы // Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 7–37.
14. Зорина Е.Ф., Беллев В.Р., Бондарев В.П., Григорьев И.И., Ковалев С.Н., Прохорова С.Д., Рысин И.И. Эколого-географическая характеристика овражно-балочных систем на урбанизированных территориях // Эрозийные и русловые процессы. М.: МАКС Пресс, 2010. Вып. 5. С. 261–277.
15. Никитина О.В., Петров В.Ф. Особенности развития эрозийных процессов на автомобильных дорогах Чувашии // Сергеевские чтения. международный год планеты земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии / Мат-лы годич. сессии НС РАН по пробл. геоэкологии, инж. геологии и гидрогеологии / Отв. ред. В.И. Осипов. Вып. 10. М.: Наука, 2008. С. 168–172.
16. Григорьев И.И., Ковалев С.Н., Рысин И.И. Техногенные овраги // Геоморфология. 2016. № 2. С. 27–33.
17. Gucinski H., Furniss M.J., Ziemer R.R., and Brookes M.H. Forest roads: a synthesis of scientific information // Gen. Tech. Rep. PNWGTR-509. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 2001. 103 p.
18. Elliot W.J., Foltz R.B., and Robichaud P.R. Recent findings related to measuring and modeling forest road erosion // 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13–17 July 2009 <http://mssanz.org.au/modsim09>.
19. Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М., Алакшин А.М., Поспеев А.В., Шимараев М.Н., Хлыстов О.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: строение и геологическая история. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “ГЕО”, 2001. 252 с.
20. Семинский К.Ж., Кожевников Н.О., Черемных А.В., Бобров А.А., Оленченко В.В., Авулевиц Д.Л. Структура разломных зон (Байкальский рифт) по данным полевой тектоно- и геофизики // Изв. СО секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Иркутск. 2008. Вып. 7 (33). С. 111–124.
21. Кузьмин С.Б. Геоморфология зоны Приморского разлома (Западное Прибайкалье) // Геоморфология. 1995. № 4. С. 53–61.
22. Уфимцев Г.Ф., Скочина Т.М., Филинов И.А., Щетников А.А. Особенности рельефа Приольхонья // География и природные ресурсы. 2010. №. 4. С. 56–62.
23. Лопатин Д.В., Скочина Т.М. Ярусное строение рельефа Приольхонья и острова Ольхон в Западном Прибайкалье // Геоморфология. 2008. № 4. С. 83–91.
24. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (3-е поколение) / К.П. Калинина, А.С. Кульчицкий. Сер. Ангаро-Енисейская. Лист N-48 – XXIX. Иркутск. Объяснительн. записка. М.: Недра, 1964. 574 с.
25. Кузьмин В.А. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории (эколого-геохимический подход). Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2002. 166 с.
26. Байкал. Атлас. М.: Роскартография, 1993. 160 с.
27. Билченко И.Н., Седых С.А. Картографирование ландшафтов Западного Прибайкалья // Геодезия и картография. 2016. № 9. С. 29–38.
28. Выркин В.Б. Современное экзогенное рельефообразование котловин байкальского типа. Иркутск: ИГ СО РАН, 1998. 174 с.
29. Кузьмин С.Б. Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.
30. Ряценок С.В., Евстропьева О.В., Будаева Д.Г., Батоцыренов Э.А., Шарипов М.Ю. Рекреацион-

ные ресурсы // Байкал: природа и люди: энциклопедический справочник. Улан-Удэ: ЭКОС, Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. С. 446–458.

31. Кузьмин С.Б., Абалаков А.Д., Белозерцева И.А., Шаманова С.И. Этноприродные системы Приольхонья // Совр. пробл. науки и образования. 2015. № 1. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19058>
32. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2004. 147 с.
33. Отчет администрации Ольхонского района за 2012 г. <http://www.adm-olkhon.ru/news/one-1820.html>
34. Пономаренко Е.А., Солодянкина С.В. Рекреационная деятельность в Приольхонье и на острове Ольхон. Иркутск: Ирк. ГАУ им. А.А. Ежовского, 2015. 112 с.
35. Литвин Л.Ф., Хмелева Н.В. Развитие линейных эрозионных форм в горах // Работа водных потоков. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. С. 98–103.
36. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
37. Заславский М.Н. Эрозиоведение. М: Высш. шк., 1983. 320 с.
38. Зорина Е.Ф. Овраговедение – самостоятельное направление научных исследований // Эрозия и русловые процессы. 2008. Вып. 16. С. 92–101.
39. Гареев А.М., Чалов Р.С. Активизация эрозионных процессов на водосборах под влиянием антропогенных факторов на Южном Урале и в Предуралье // Геоморфология. 2017. № 4. С. 16–26.

REFERENCES

1. Fedorovich B.A. Aerial photography and the study and development of deserts. *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geogr. Geofiz.* 1943. No. 4. P. 195–206. (in Russ.)
2. Makkaveyev N.I. The development of erosion processes in various environmental conditions, in *Eroziionno-akkumulyativnye protsessy i rel'ef rusla reki* (Erosion-accumulative processes and river bed relief). Moscow: MSU (Publ.), 1998. P. 115–126.
3. Weather Schedule. <http://www.siteinfoool.com/rp5.ru>
4. Richard T., Forman T., and Lauren E.A. Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1998. Vol. 29. P. 207–231.
5. Ganbold B., Davaassuren D., and Bamba O. Soil erosion caused by dirt roads, in *Molodoy ucheniy* (Young Scientist). 2017. No. 5 (139). P. 99–103.
6. Nkemjika C.C., Akobi C.C., Onuoha K.C., and Idhoko K.E. Evaluation of Erosion Effects on Some Roads in Yenagoa City of Bayelsa State, Nigeria. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. ISSN (Online): 2319–7064.
7. Artemi C., Gimenez-Morera A., Gonzalez-Pecaloz F., Burguet M., Pereira P., and Ruiz J.R. Soil erosion on road and railways embankments in the Canyoles river Basin. *Eastern Spain Conference Paper*. April 2013.
8. Baird E.J., Floyd W., van Meerveld I., and Anderson A.E. Road Surface Erosion, Part 1: Summary of Effects, Processes, and Assessment Procedures. *Streamline Water Management Bulletin*. Vol. 15. No. 1. Summer 2012.
9. Ramos-Scharryn C.E. and MackDonald L.H. Measurement and prediction of sediment production from unpaved roads, St. John, US Virgin Islands. *Earth Surf. Process. Landforms* 30. 1283–1304 (2005).
10. Vollmer A.I., Maza B.G., Medica P.A., Turner F.B., and Bamberg S.A. The impact of off-road vehicles on a desert ecosystem. *Environmental Management*. 1977. Vol. 1. Iss. 2. P. 115–129.
11. Richard T.T. Forman and Lauren E. Alexander. Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1998. Vol. 29. P. 207–231.
12. Ouren D.S., Haas Ch., Melcher C.P., Stewart S.C., Ponds P.D., Sexton N.R., Burris L., Fancher T., and Bowen Z.H. Environmental effects of off-highway vehicles on Bureau of Land Management lands: A literature synthesis, annotated bibliographies, extensive bibliographies, and internet resources. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 2008-1353*. 225 p.
13. Armand D.L. Anthropogenic erosion processes, in *Sel'skokhozyaystvennaya eroziya i bor'ba s ney* (Agricultural erosion and its control). Moscow: AN SSSR (Publ.), 1958. P. 7–37.
14. Zorina E.F., Belyaev V.R., Bondarev V.P., Grigoriev I.I., Kovalev S.N., Prokhorova S.D., and Rysin I.I. Ecological-geographical characteristics of gully systems on urbanized areas, in *Eroziya i ruslovyie protsessy* (Erosion and channel processes). Moscow: MAKSPress (Publ.), 2010. Vol. 5. P. 261–277.
15. Nikitina O.V. and Petrov V.F. Features of the development of erosion processes on the roads of Chuvashia, in *Segeevskie chteniya. Mezhdunarodniy god planet Zemlya: problem geoekologii, inzhenernoy geologii i gidrogeologii* (Sergeyev Readings. International Year of the Planet Earth: Problems of Geoecology, Engineering Geology and Hydrogeology). V.I. Osipov. Ed. Iss. 10. Moscow: Nauka (Publ.), 2008. P. 168–172.

16. Grigoriev I.I., Kovalyev S.N., and Rysin I.I. The technogenic gullies. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2016. No. 2. P. 27–33. (in Russ.)
17. Gucinski H., Furniss M.J., Ziemer R.R., and Brookes M.H. Forest roads: a synthesis of scientific information. *Gen. Tech. Rep. PNWGTR-509*. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 2001. 103 p.
18. Elliot W.J., Foltz R.B. and Robichaud P.R. Recent findings related to measuring and modeling forest road erosion. *18th World IMACS. MODSIM Congress*, Cairns, Australia. 13–17 July 2009. <http://mssanz.org.au/modsim09>
19. Matz V.D., Ufimtsev G.F., Mandelbaum M.M., Alakshin A.M., Pospeev A.V., Shimaraev M.N., and Khlystov O.M. *Kaynozoy Baykal'skoy riftovoy vpadiny: stroenie i geologicheskaya istoriya* (Cenozoic of the Baikal rift basin: structure and geological history). Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, "Geo" (Publ.), 2001. 252 p.
20. Seminsky K.Zh., Kozhevnikov N.O., Cheremnykh A.V., Bobrov A.A., Olenchenko V.V., and Avgulevich D.L. The structure of fault zones (Baikal rift) according to field tectonic and geophysical data. *Izv. Sib. Otd. Nauk o Zemle RAEN. Geol. Poisk. Razv. Rudn. Mestor.* Iss. 7 (33). Irkutsk, 2008. P. 111–124. (in Russ.)
21. Kuzmin S.B. Geomorphology of the Primorsky Fault Zone (Western Baikal Region). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1995. No. 4. P. 53–61. (in Russ.)
22. Ufimtsev G.F., Skovitina T.M., Filinov I.A., and Schetnikov A.A. Features of the relief of the Olkhon region. *Geogr. Prir. Resur.* 2010. No. 4. P. 56–62. (in Russ.)
23. Lopatin D.V. and Skovitina T.M. Stepped relief of the Priol'khonie and Olk'hon Island in the Western Priбайkal'e. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2008. No. 4. P. 83–91. (in Russ.)
24. State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (3rd generation). Kalinina K.P., Kulchitsky A.S. Ed. Angaro-Yenisei. Sheet N-48 – XXIX. Irkutsk. Explanatory. note. Moscow: Nedra (Publ.), 1964. 574 p.
25. Kuzmin V.A. *Pochvy tsentral'noy zony Baykal'skoy prirodnoy territorii (ekologo-geokhimicheskiy podhod)* (Soils of the central zone of the Baikal natural territory (ecological and geochemical approach)). Irkutsk: IG SB RAS (Publ.), 2002. 166 p.
26. *Baykal. Atlas* (Baikal. Atlas). Roskartografiya (Publ.), 1993. 160 p.
27. Bilichenko I.N. and Sedykh S.A. Landscape mapping of the Western Baikal Region. *Geodes. Kartograf.* 2016. No. 9. P. 29–38. (in Russ.)
28. Vyrkin V.B. *Sovremennoe ekzogennoe rel'efoobrazovanie kotlovin baykal'skogo tipa* (Modern exogenous relief formation of Baikal-type basins). Irkutsk: IG SB RAS, 1998. 174 p.
29. Kuzmin S.B. *Opasnye geomorfologicheskie protsessy i risk prirodopol'zovaniya* (Geomorphological hazard and environmental risk). Novosibirsk: GEO (Publ.), 2009. 195 p.
30. Ryashchenko S.V., Evstrop'yeva O.V., Budaeva D.G., Batostyrenov E.A., and Sharipov M.Yu. Recreational resources, in *Baykal: priroda i lyudi: entsiklopedicheskiy spravochnik* (Baikal: nature and people: encyclopedic reference). Ulan-Ude: ECOS (Publ.), 2009. P. 446–458.
31. Kuzmin S.B., Abalakov A.D., Belozertseva I.A., and Shamanova S.I. Ethnic-natural systems of the Olkhon region. *Sovr. Probl. Nauki i Obraz.* 2015. № 1 (in Russ.) <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19058>
32. *Ekologicheski orientirovannoe planirovanie zemlepol'zovaniya v Baykal'skom regione. Ol'khonskiy rayon* (Environmental friendly land use planning in the Baikal Region. Olkhon district). Irkutsk: IG SB RAS (Publ.), 2004. 147 p.
33. *Otchet administratsii Ol'khonskogo rayona za 2012 g.* (Report of the Olkhonsky District Administration for 2012). <http://www.adm-olkhon.ru/news/one-1820.html>
34. Ponomarenko E.A. and Solodyankina S.V. *Rekreatsionnaya deyatel'nost' v Priol'khon'e i na ostrove Ol'khon* (Recreational activities in the Olkhon Region and on the Island of Olkhon). Irkutsk: GAU (Publ.), 2015. 112 p.
35. Litvin L.F. and Khmeleva N.V. Development of linear erosion forms in the mountains, in *Rabota vodnykh potokov* (Work of water flows). Moscow: MSU (Publ.), 1987. P. 98–103.
36. Golosov V.N. *Eroziionno-akkumulyativnye protsessy v rechnykh basseynakh osvoennykh ravnin* (Erosion-accumulation processes in the river basins of the developed plains). Moscow: GEOS (Publ.), 2006. 296 p.
37. Zaslavsky M.N. *Eroziovedenie* (Erosion study). M: Vysshaya shkola (Publ.), 1983. 320 p.
38. Zorina E.F. Gully study – an Independent direction of scientific research, in *Eroziya i ruslovye protsessy* (Erosion and Channel Processes). Iss. 16. Moscow, 2008. P. 92–101.
39. Gareyev A.M. and Chalov R.S. Erosion processes exacerbation at water-catchment's areas influenced by anthropogenic factors in the South Urals and the Cis-Ural Region. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2017. No. 4. P. 16–26. (in Russ.)