

ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК СИБИРИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

^{*1}Е.А.ШЫНБЕРГЕНОВ^{ID}, ¹Н.С.СИХАНОВА^{ID}

¹Кызылординский университет имени КORKYT ATA (Кызылорда, Казахстан)

^{*}shynbergenov.erlan@mail.ru, sihanova.nurgul@mail.ru

Аннотация

Динамичное индустриально-экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока способствует усилению антропогенной нагрузки. В этом контексте обретает особую популярность проведение прогностических исследований, направленных на изучение изменений компонентов природной среды. Географический анализ территории может быть выполнен на основе бассейновой структуры рек, которые выступают в качестве операционно-территориальной единицы. В статье представлены результаты построения границ бассейнов малых рек Арктического водосбора азиатской части России на основе данных дистанционного зондирования Земли средствами ГИС-инструментов. Исходным материалом является цифровая модель рельефа GMTED 2010. Выбор тестовых участков основывался рельефом местности. Полученные границы бассейнов в векторном формате сравнивались с водосборами, выделенными методом визуального дешифрирования на топографических растровых картах масштаба 1:200 000, 1:1 000 000. Верификация построенных границ бассейнов малых рек показала сопоставимые результаты полуавтоматического и экспертного методов (масштаб 1:1 000 000). Укрупнение масштаба карты и площади водосбора приводит к уменьшению возникающих ошибок. Полученные данные являются новыми для территории исследования.

Ключевые слова: ЦМР, малые реки, GMTED 2010, границы водосборов, сравнительный анализ.

Введение

Территориальное развитие Сибири и Дальнего Востока, обозначенное в планах Правительства РФ, предопределяет научное обоснование проектов по хозяйственному освоению и прогнозированию антропогенного воздействия [Ivanova N.N., 2005; Feng X., 2013; Shynbergenov Y.A., 2017]. Бассейны рек являясь операционно-территориальной единицей (ОТЕ), дают возможность географического анализа научных и прикладных задач [Симонов Ю.Г., 2004; Lisetskii F.N., 2014; Ermolaev O.P., 2017; Gelfan A.N., 2015]. На территории России, несмотря на то, что количество и протяженность водотоков, систематизируемых как малые реки - превалирует, научные исследования проводятся в основном в средних и больших реках [Ткачев Б.П., 2012]. Малые реки арктического водосбора азиатской части России отличаются малой географической исследованностью, отсутствием единой геоинформационной системы, увеличением антропогенной нагрузки вследствие хозяйственного освоения, что в совокупности делает создание геопространственной базы данных речных бассейнов указанной территории одним из приоритетных задач [Шикунова Е.Ю., 2007; Шихов А.Н., 2014]. Обзор публикации по речным бассейнам Сибири показал отсутствие систематизации работ по данной тематике, имеются работы, в пределах отдельных бассейнов рр. Селенги, Томи, Оби, Иркуты, по определению многолетней динамики водного баланса; структуры бассейновых геосистем; почвенно-эрозионных процессов и т.д. [Ерофеев А.А., 2012; Рыжов Ю.В., 2009; Хаптухаева Н.Н., 2012; Трифонова Т.А., 2009; Савичев О.Г., 2010; Хаптухаева Н.Н., 2014; Вершинина И.П., 2016].

В настоящее время работы по картографированию речных бассейнов посредством ГИС-анализа проводились в некоторых зарубежных странах [Callow J.N., 2000; Turcotte R., 2001; Vogt J., 2004]. На территории России отсутствует единая база данных бассейнов малых рек, существуют продукты, созданные для Европейской части России (ЕЧР), а также для

локальных территорий, к примеру, на Приволжский федеральный округ [Веденеева Е.А., 2016; Ермолаев О.П., 2014].

В рамках проекта РГО «Создание картографо-геоинформационной системы "Реки и речные бассейны Арктического водосбора азиатской части России» проводилось картографирование моделей речных бассейнов средствами ГИС-технологий.

Целью данной работы является выделение границ бассейнов малых рек Сибири на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) с использованием ГИС-технологий.

Задачи исследования:

1. Подбор исходных материалов;
2. Выбор тестового участка;
3. Произвести выделение границ бассейнов рек;
4. Оценить точность методики полуавтоматического режима.

Материалы и методы

Первый этап построения границ бассейнов предполагает подбор исходных материалов, в частности глобальной модели рельефа (ЦМР). Из всех представленных моделей рельефа свободного доступа на территорию исследования приемлемым качеством обладает ЦМР GMTED 2010, более хорошего разрешения модель SRTM не используется, ввиду расположения объектов изучения выше 60° с.ш [Federal Standards and Procedures for the National Watershed Boundary Dataset, 2013]. Для сравнения результатов автоматизированного выделения границ бассейнов проведено визуальное дешифрирование границ бассейнов малых рек на геопозиционированных топографических картах растрового формата в масштабах 1:200 000 и 1:1 000 000.

В качестве тестового участка в условиях очень уплощенного рельефа в пределах низменных равнин и болотистой местности выбран бассейн р.Тойтьёган (Тоит-Юган по государственному водному реестру), правый приток р.Куноват, которая в свою очередь впадает в р.Обь (Ямало-Ненецкий АО). Для рек, протекающих в условиях холмистой местности и высокогорий, выбран бассейн р.Тарын-Юрях, являющейся правым притоком р.Мома, которая впадает в р.Индигирка (Республика Якутия) (таблица 1) [Государственный водный реестр].

Таблица 1

Тестовые участки

№	Река	Длина водотока, км	Водосборная площадь, км ²
1	Тойтьёган	122	1540
2	Тарын-Юрях	63	3370

Для определения точности полуавтоматического выделения элементарных бассейнов использовался метод разработанный О.П.Ермолаевым и др. [Ермолаев О.П., 2014; Мальцев К.А., 2014].

Границы бассейнов, выделенных в полуавтоматическом режиме, сопоставлялись с топографическими картами, где водосбор реки идентифицировался экспертным методом (визуально) на основе анализа дешифровочных признаков, такие как экспозиция склонов и положения изогипс рельефа.

Результаты

Низменный рельеф. На первом этапе сравнению подлежали выделенные бассейны по топографической карте масштаба 1:200 000 и бассейны, выделенные в полуавтоматическом

режиме. В обоих случаях в главном бассейне р.Тойтъёган выделено 13 малых бассейнов (рисунок 1).

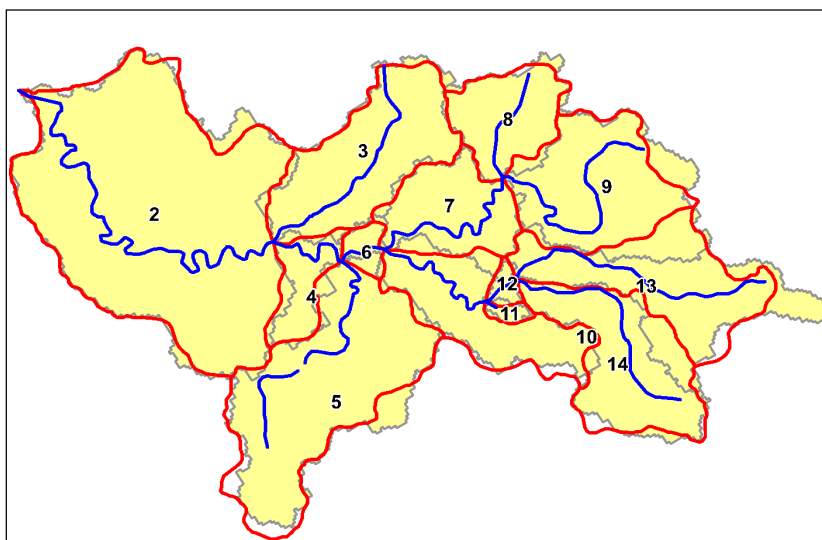


Рисунок 1. Соответствие бассейнов р.Тойтъёган, выделенных по топографической карте масштаба 1: 200 000 (красный цвет), а также на основе глобальной модели рельефа GMTED 2010 (желтый фон, черный цвет)

Сравнение выделенных бассейнов двумя методами показало, что для главного бассейна р.Тойтъёган различия в площадях составляют меньше 2%, тогда как по малым речным бассейнам максимальная разница может достигать 25 % (таблица 2).

Таблица 2

Соответствие площадей бассейнов

№ элементарного бассейна	Площадь по топокарте масштаба 1:200 000	Площадь по ЦМР GMTED 2010	Разница, кв.км	Разница, %
1 (Гл.бассейн)	1522,855	1553,599	-30,744	1,98
2	439,98	452,713	-12,733	2,81
3	143,306	146,378	-3,072	2,10
4	39,934	37,439	2,495	-6,66
5	221,394	221,756	-0,362	0,16
6	13,747	11	2,747	-24,97
7	84,86	83,938	0,922	-1,10
8	71,638	78,938	-7,3	9,25
9	134,002	161,562	-27,56	17,06
10	102,988	99,313	3,675	-3,70
11	6,005	5,188	0,817	-15,75
12	8,493	7,438	1,055	-14,18
13	131,027	140,749	-9,722	6,91
14	125,479	107,187	18,292	-17,07

Примечание: Здесь и далее в таблицах методы, использованные при выделении бассейнов: топокарта - экспертно, ЦМР - автоматизировано.

Существенные различия по площадям отмечаются в малых бассейнах (бассейны №№ 6, 11 и 12), приуроченных к междуречным пространствам р.Тойтъёган. Здесь даже малые площадные различия логично ведут к существенным процентарным различиям. Стоит обратить внимание на два момента: в первом случае линии водораздела, выделенные рассматриваемыми способами, между бассейнами 7 и 10 существенно отличается при приемлемом процентарном

различия (рисунок 2); во-втором же - линии водораздела между бассейнами №№ 9, 13 и 14 также различны при существенном изменении их площадей (рисунок 3). Если в первом случае, при наличии болотистой поймы, как экспертное выделение, так и полуавтоматическое являются достаточно спорными в силу плохой выраженности рельефа, то во-втором - полуавтоматическое выделение является ложным, т.к. линия водораздела между бассейнами 9 и 13 пересекает приток, относящийся к бассейну № 13. Сам же бассейн № 13 имеет вытянутую форму и захватывает самый восточный участок, определенно к нему не относящийся. В целом, без учета сверхмалых бассейнов, а также вышеописанных несоответствий, на остальных 9-ти бассейнах отмечается высокая точность совпадения, не превышающая 10%.

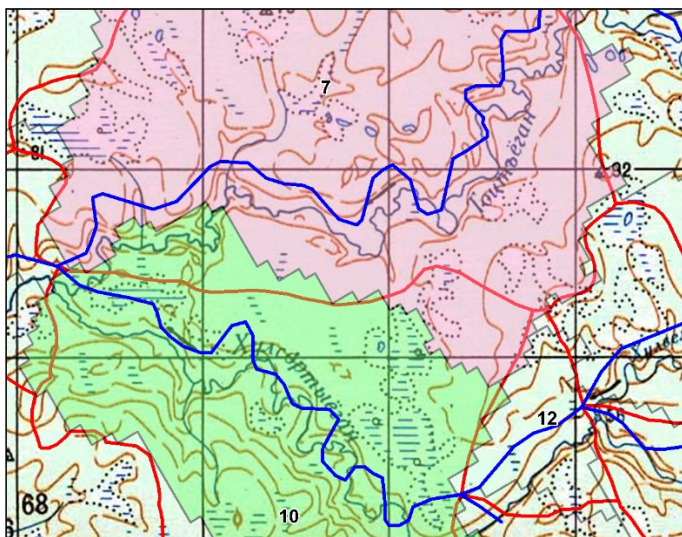


Рисунок 2. Различия при выделении бассейнов №№ 7 и 10 (гидросеть перенесена с карты 1:1 000 000)

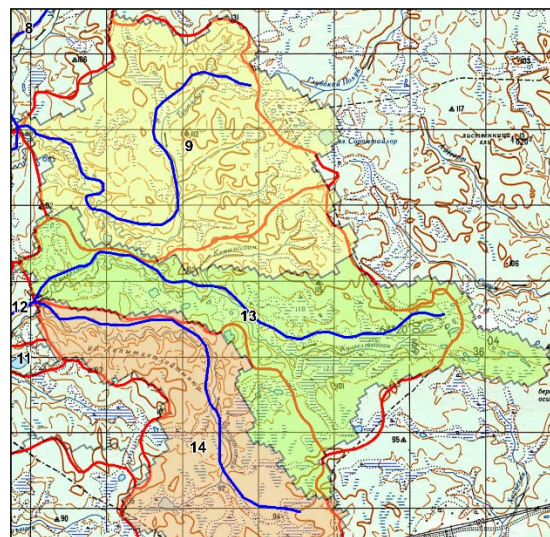


Рисунок 3. Различия при выделении бассейнов №№ 9, 13 и 14

Вторым этапом при определении точности выделения бассейнов в полуавтоматическом режиме было экспертное выделение бассейнов на основе топографической карты миллионного масштаба и сравнение их с бассейнами, полученными на основе глобальной модели рельефа GMTED 2010 (рисунок 4).

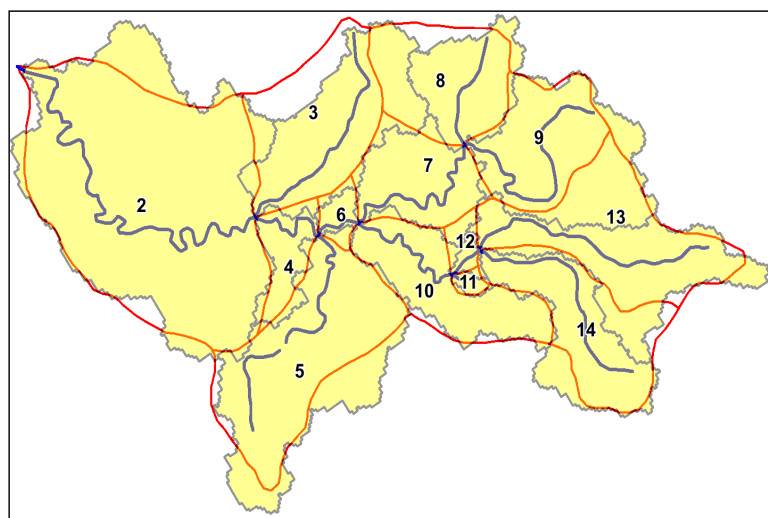


Рисунок 4. Соответствие границ бассейнов р.Тоитьёган, выделенных по топографической карте масштаба 1: 1 000 000 (красный цвет), а также на основе глобальной модели рельефа GMTED 2010 (желтый фон, черный цвет)

Для главного бассейна р.Тоитъёган различия в площадях составляют 4,22% (таблица 3). Это приемлемый результат по точности.

Отметим, что на данном этапе экспертное выделение бассейнов было очень затруднительным, т.к. на топографической карте миллионного масштаба изогипсы рельефа сильно генерализованы, локальные высоты между смежными бассейнами отсутствуют, что часто обуславливало проведение водораздельной линии «вслепую».

Таблица 3

Соответствие площадей бассейнов

№ элементарного бассейна	Площадь по топокарте масштаба 1:1 000 000	Площадь по ЦМР GMTED 2010	Разница, кв.км	Разница, %
1 (Гл.бассейн)	1488,025	1553,599	-65,574	4,22
2	416,845	452,713	-35,868	7,92
3	138,350	146,378	-8,028	5,48
4	38,213	37,439	0,774	-2,07
5	177,039	221,756	-44,717	20,16
6	16,613	11	5,613	-51,03
7	84,830	83,938	0,892	-1,06
8	113,934	78,938	34,996	-44,33
9	102,737	161,562	-58,825	36,41
10	100,514	99,313	1,201	-1,21
11	5,746	5,188	0,558	-10,76
12	13,461	7,438	6,023	-80,98
13	157,438	140,749	16,689	-11,86
14	122,303	107,187	15,116	-14,10

В данном случае лишь 5 бассейнов удовлетворяют условиям приемлемой разницы в площадях, тогда как у остальных 9-ти процентная разница может достигать от 40 до 80%. Последнее сравнение обладает наиболее существенными площадными различиями, что свидетельствует не в пользу экспертного выделения. Подобные большие ошибки возникают вследствие значительной генерализации рельефа на топокартах миллионного масштаба. Эта генерализация, учитывая малые перепады высот на низменных равнинах, является неприемлемой при выделении границ бассейнов малых и мелких рек, включая и их межприточные пространства. При этом, нельзя сопоставлять точность выделения границ мелких бассейнов машинным методом с экспертным. В данном случае эксперт также совершает фатальные ошибки, связанные с генерализацией рельефа.

Возвышенный рельеф. В первую очередь сравнению подлежали выделенные бассейны по топографической карте масштаба 1: 200 000 (далее Карта № 5) и бассейны, выделенные в полуавтоматическом режиме (далее Карта № 6). На карте № 5 выделено 23 элементарных бассейна, на карте № 2 в бассейне Тарын-Юрях насчитывается 34 элементарных бассейна (рисунки 5 и 6).

Несоответствие количества бассейнов и их планового рисунка объясняется тем, что при автоматизированной обработке граница бассейна определилась для любого водотока: как для притоков реки, так и для рукавов основного русла и слепых «старичных» ответвлений, для которых в ручном режиме такие бассейны не выделялись.

Оверлейное наложение выделенных обоими способами бассейнов показало, что в целом для главного бассейна р. Тарын-Юрях различия в площадях составляют чуть выше 3%, тогда как по отдельным бассейнам мелких рек такая разница может достигать 62-63 % (рисунок 7, таблица 4).

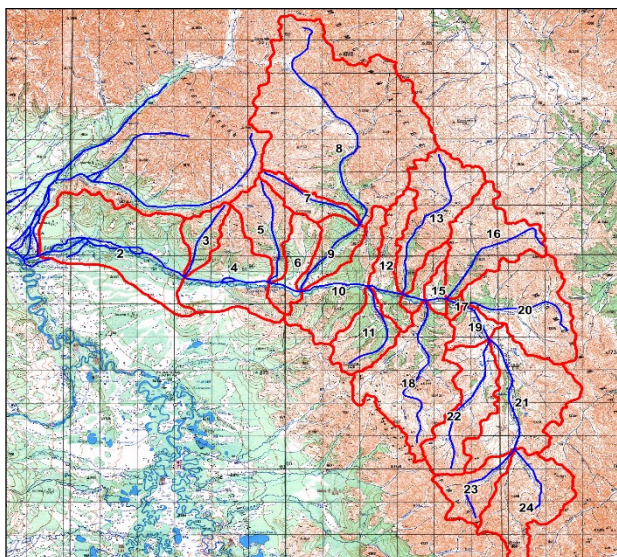


Рисунок 5. Элементарные бассейны р.Тарын-Юрях выделенные по топографической карте масштаба 1: 200 000 (экспертно)

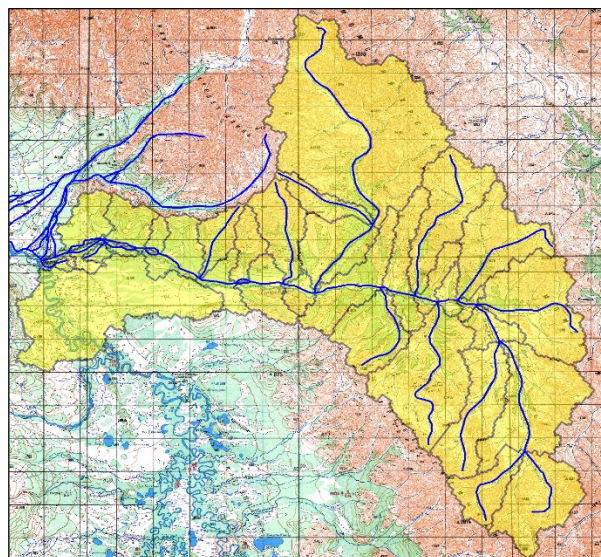


Рисунок 6. Выделенные в полуавтоматическом режиме бассейны р.Тарын-Юрях на основе глобальной модели рельефа GMTED 2010

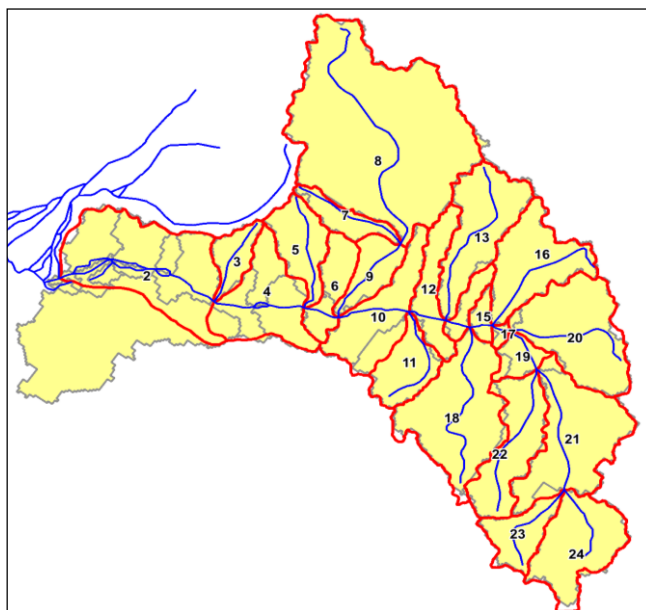


Рисунок 7. Соответствие элементарных бассейнов р. Тарын-Юрях, выделенных двумя способами (серый цвет линий – границы, выделенные по ЦМР; красные – выделенные экспертно)

Таблица 4

Соответствие площадей бассейнов

№ элементарного бассейна	Площадь по топокарте масштаба 1: 200 000	Площадь по ЦМР GMTED 2010	Разница, кв.км	Разница, %
2	139,724	113,7	26,024	18,63
3	24,345	23,65	0,695	2,85
4	77,74	70,41	7,33	9,43
5	44,189	46,38	-2,191	-4,96
6	33,763	12,73	21,033	62,30
7	25,225	24,46	0,765	3,03

8	305,499	301,1	4,399	1,44
9	32,04	51,72	-19,68	-61,42
10	68,755	54,14	14,615	21,26
11	41,295	53,52	-12,225	-29,60
12	39,607	40,73	-1,123	-2,84
13	81,134	79,03	2,104	2,59
14	15,464	16,58	-1,116	-7,22
15	10,201	10,74	-0,539	-5,28
16	75,826	74,19	1,636	2,16
17	3,99	5,712	-1,722	-43,16
18	116,551	115,3	1,251	1,07
19	18,604	19,12	-0,516	-2,77
20	101,096	96,23	4,866	4,81
21	106,344	100,2	6,144	5,78
22	70,205	69,54	0,665	0,95
23	30,973	37,62	-6,647	-21,46
24	76,888	74,44	2,448	3,18
Бассейн главной реки (1)	1539,458	1491,242	48,216	3,13

На остальных 16-ти бассейнах расхождение по площадям находится в пределах 10%, что является допустимой погрешностью при производстве данного вида работ.

При сравнении бассейнов на двух картах, расхождение в площадях по некоторым бассейнам можно объяснить двумя причинами: во-первых, отсутствием явно выраженных водоразделов (например, свойственно устьевому участку р.Тарын-Юрях, где на левобережье наблюдается широкая заболоченная пойма, примыкающая к р.Мома); во-вторых, большой степенью картографической генерализации как гидрографической сети, так и рельефа в глобальной модели GMTED 2010 (масштаб 1: 1 000 000). В данном случае наличие на карте масштаба 1:200 000 более густой речной сети способствует корректному выделению бассейнов, тогда как на карте «миллионке» многие реки отсутствуют, а изогипсы рельефа дают возможность выделить бассейн уже другой конфигурации и площади. Ярким примером такой ошибки может служить выделение границ бассейнов №№ 6 и 9 (рисунок 8).

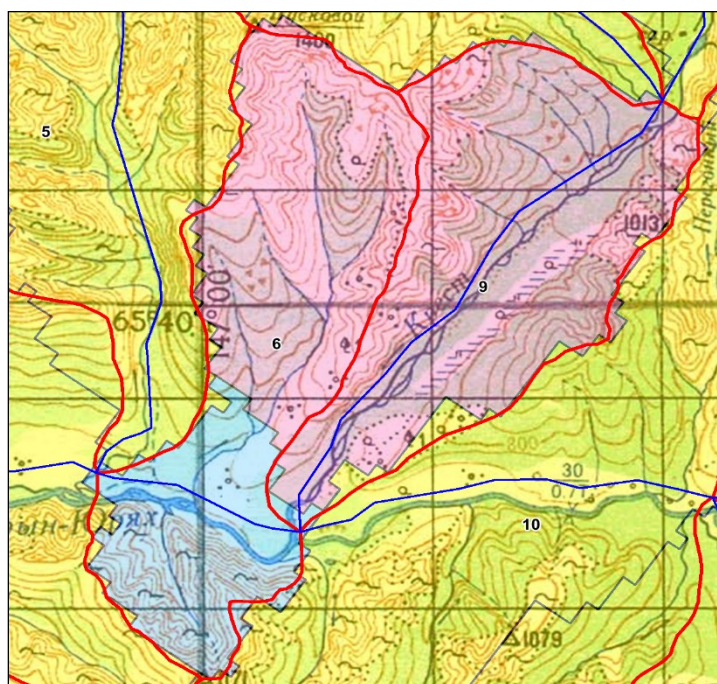


Рисунок 8. Соответствие элементарных бассейнов р.Тарын-Юрях, выделенных двумя способами (условные обозначения те же, что на рисунке 7)

В данном случае при полуавтоматизированном выделении бассейнов водоток, впадающий в р.Тарын-Юрях в пределах бассейна № 6 на карте масштаба 1:1 000 000 отсутствовал, вследствие чего часть данного бассейна была ошибочно отнесена к бассейну № 9. К такого же рода ошибкам можно отнести неправильно проведенные водоразделы между бассейнами №№ 10 и 11, 17 и 20, а также 21 и 23.

Верификация точности выделения границ бассейнов, выделенных на основе глобальной модели рельефа GMTED2010, на втором этапе произведена путем сопоставления с картой границ бассейнов, выделенных экспертным методом по топокарте масштаба 1:1 000 000. Это сделано для того, чтобы на обеих картах речная сеть была отображена с одинаковым уровнем генерализации (рисунок 9, таблица 5).

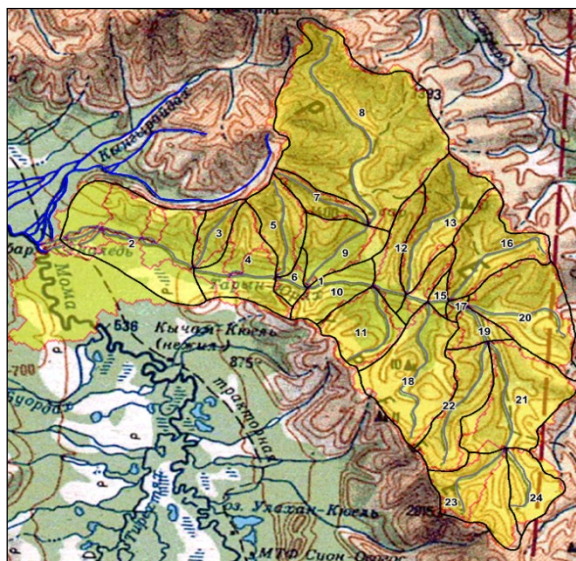


Рисунок 9. Соответствие элементарных бассейнов р. Тарын-Юрях, выделенных на основе топографической карты (масштаб 1: 1 000 000) (черный цвет) и глобальной модели рельефа GMTED 2010 (красный цвет)

Таблица 5

Соответствие площадей элементарных бассейнов

№ элементарного бассейна	Площадь по топокарте масштаба 1:1 000 000	Площадь по ГМР GMTED 2010	Разница, кв.км	Разница, %
2	152.42	113.7	38.72	25.40
3	26.467	23.65	2.817	10.64
4	72.52	70.41	2.11	2.91
5	47.133	46.38	0.753	1.60
6	13.546	12.73	0.816	6.02
7	26.966	24.46	2.506	9.29
8	302.68	301.1	1.58	0.52
9	53.34	51.72	1.62	3.04
10	38.009	54.14	-16.131	-42.44
11	58.33	53.52	4.81	8.25
12	37.701	40.73	-3.029	-8.03
13	77.232	79.03	-1.798	-2.33
14	20.463	16.58	3.883	18.98
15	7.451	10.74	-3.289	-44.14
16	76.019	74.19	1.829	2.41
17	4.775	5.712	-0.937	-19.62

18	112.063	115.3	-3.237	-2.89
19	20.584	19.12	1.464	7.11
20	103.668	96.23	7.438	7.17
21	108.004	100.2	7.804	7.23
22	65.803	69.54	-3.737	-5.68
23	72.175	37.62	34.555	47.88
24	40.36	74.44	-34.08	-84.44
Бассейна главной реки (1)	1537.709	1491.2	46.467	3.02

Для главного бассейна р.Тарын-Юрях различия в площадях составляют, опять же, чуть выше 3%. Несоответствие площадей выделенных малых бассейнов на данном этапе, в основном, зависело от визуального выделения бассейнов, когда эксперт проводит водоразделы с более «мягкими» очертаниями. Также большая процентная разница здесь достигается при выделении мелких бассейнов междуречий (межбассейновых пространств), приуроченных к основной реке Тарын-Юрях (бассейны №№ 14, 15, 17).

К неправильному выделению границ бассейнов в полуавтоматическом режиме можно отнести выделение бассейнов №№ 10 и 12, а несоответствие площадей бассейнов №№ 23 и 24 в данном случае является ошибкой эксперта, неточно определившего общую линию водораздела.

При выделении бассейнов малых рек отмечено, что водораздел реки Тойтъёган имеет древовидную структуру, связанную с низменным участком рельефа, в то время как протекающая по холмистой местности р. Тарын-Юрях классифицируется перистым типом рисунка гидро сети, по классификации Штралера-Философова бассейн объектов исследования систематизируется как водотоки третьего порядка [Алексеевский Н.И., 2000; Lisetskii F.N., 2014; Nitze I., 2016; Болтрамович С.Ф., 2005].

Заключение

Таким образом, можно утверждать, что при использовании модели рельефа GMTED 2010 с учетом особенностей рельефа тестовых участков и мелкомасштабной карты гидро сети (1:1 000 000) точность полуавтоматизированного метода выделения бассейнов сопоставима с экспертным методом. При увеличении площади бассейнов и масштаба - существенно уменьшаются ошибки вследствие лучшего отображения рельефа главных водоразделов как на глобальной модели рельефа, так и топографических картах. В дальнейшем планируется провести выделение границ водосбора малых рек крупного речного бассейна. В качестве модельного речного бассейна выбрана р.Лена.

Список использованных источников

- Иванова Н.Н., Голосов В.Н., Ковальчук И.П. (2005) Исследования малых рек восточной Европы: подходы, результаты, проблемы, перспективы. *Эрозионные и русловые процессы*, 4, 153-175.
- Feng X., Vonk J.E., van Dongen B.E., Gustafsson O., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Wang Z., Montlucon D.B., Wacker L., Eglinton T.I. (2013) Differential mobilization of terrestrial carbon pools in Eurasian Arctic river basins. *PNAS*, 110(35), 14168-14173.
- Shynbergenov Y.A. Sihanova N.S. (2017) Identification of Large Rivers of Siberia (Ob, Yenisei, Lena) by using GIS technology based on remote sensing of Earth from Cosmos. *Astra Salvensis*, V, 10(1), 541-545.
- Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. (2004) Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки. *Эрозия почв и русловые процессы*, 14, 16-32.
- Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. (2014) Basin organizations of nature use, Belgorod region. *Biogeosystem Technique*, 2(2), 163-173.

- Ermolaev O.P., Maltsev K.A., Mukharamova S.S. (2017) Cartographic model of river basins of European Russia. *Geogr. and Natur. Resources*, 38(2), 131-138.
- Gelfan A.N., Semenov V.A., Gusev E., Motovilov Y., Nasonova O., Krylenko I., Kovalev E. (2015) Large-basin hydrological response to climate model outputs: uncertainty caused by internal atmospheric variability. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 27-39.
- Ткачев Б.П., Булатов В.И. (2012) *Малые реки: современное состояние и экологические проблемы*. ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 114.
- Шикунова Е.Ю. (2007) Методика и технология автоматизированного водохозяйственного районирования. *Экология речных бассейнов*. Труды 4-й Междунар. науч.-практ. конф., 435-439.
- Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пономарчук А.И. (2014) *Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач*. Пермь, 91.
- Ерофеев А.А. (2012) Определение структуры бассейновых геосистем на основе геоинформационного моделирования (на примере бассейнов малых рек Томска и его окрестностей). *Вестник Томск. гос. ун-та*, 363, 192-195.
- Рыжов Ю.В. (2009) Эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейнах малых рек юга Восточной Сибири. *География и природные ресурсы*, 3, 94-101.
- Хаптухаева Н.Н. (2012) Оценка интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов в бассейне малых рек юга Восточной Сибири. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 1, 24-26.
- Трифонов Т.А. Мищенко Н.В., Селиванова Н.В., Чеснокова С.М. (2009) *Бассейновый подход в экологических исследованиях*. Владимир, 4-9.
- Савичев О.Г., Болом И., Харанжевская Ю.А. (2010) Многолетние изменения элементов водного баланса бассейнов малых рек на юге Западной Сибири. *Изв. Томск. политех. ун-та*, 316(1), 124-128.
- Хаптухаева Н.Н., Тармаев В.А. (2014) Почвенно-эрозионные процессы в бассейнах малых рек Западного Забайкалья. *Вест. СВНЦ ДВО РАН*, 3, 41-45.
- Вершинина И.П. (2016) Оценка энергетического потенциала малых рек бассейна Томи. *Изв. Томск. политех. ун-та. Инжиниринг георесурсов*, 327(3), 111-118.
- Callow J.N., Van Niel K.P., Boggs G.S. (2007) How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis. *Journal of Hydrology*, 332, 30-39.
- Bertolo F. (2000) Catchment. *Delineation and Characterization*. A review. *EuroLandscape - Catchment characterization and modelling (CCM)*, 1, 36.
- Turcotte R., Fortin J.-P., Rousseau A.N., Massicotte S., Villeneuve J.-P. (2001) Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology*, 240, 225-242.
- Vogt J., Puumalainen J., Kennedy P., Folving S. (2004) Integrating information on river networks, catchments and major forest types: towards the characterisation and analysis of European landscapes. *Landscape and Urban planning*, 67, 27-41.
- Веденеева Е.А., Ермолаев О.П., Мальцев К.А., Мухарамова С.С., Харченко С.В. (2016) Карта бассейновых геосистем европейской части России. *Теория и методы современной геоморфологии: материалы XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН*, 1, 336-338.
- Ермолаев О.П., Мальцев К.А., Иванов М.А. (2014) Автоматизированное построение границ бассейновых геосистем для Приволжского федерального округа. *География и природные ресурсы*, 3, 32-39.
- Federal Standards and Procedures for the National Watershed Boundary Dataset* (2013) (4 ed.): Techniques and Methods 11-A3. U. S. Geological Survey and U.S. Depart. of Agric., Natural Resources Conserv. Service, 63 [Электронный ресурс]: URL: <http://pubs.usgs.gov/tm/11/a3/> (дата обращения: 28.02.2023).

Государственный водный реестр: р.Тарын-Юрях [Электронный ресурс]: URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=259299>; р.Томт-Юган [Электронный ресурс]: URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=200135> (дата обращения: 28.02.2023).

Мальцев К.А., Ермолаев О.П. (2014) Использование цифровых моделей рельефа для автоматизированного построения границ водосборов. *Геоморфология*, 1, 45-53.

Алексеевский Н.И. (2000) Индикационные методы гидроморфологических исследований. *Эрозия почв и русловые процессы*, 12, 232-241.

Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. (2014) Basin organizations of nature use, Belgorod region. *Biogeosystem Technique*, 2(2), 163-173.

Nitze I., Grosse G. (2016) Detection of landscape dynamics in the Arctic Lena Delta with temporally dense Landsat time-series stacks. *Remote Sensing of Environment*, 181, 27-41.

Болтрамович С.Ф., Жиров А.И., Ласточкин А.Н. и др. (2005) *Геоморфология*. М., 144-145.

References

Ivanova N.N., Golosov V.N., Koval'chuk I.P. (2005) Issledovaniya mal'kh rek vostochnoj Evropy: podhody, rezul'taty, problemy, perspektivy. *Jerozionnye i ruslovyje processy*, 4, 153-175.

Feng X., Vonk J.E., van Dongen B.E., Gustafsson O., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Wang Z., Montlucon D.B., Wacker L., Eglinton T.I. (2013) Differential mobilization of terrestrial carbon pools in Eurasian Arctic river basins. *PNAS*, 110(35), 14168-14173.

Shynbergenov Y.A., Sihanova N.S. (2017) Identification of Large Rivers of Siberia (Ob, Yenisei, Lena) by using GIS technology based on remote sensing of Earth from Cosmos. *Astra Salvensis*, V, 10(1), 541-545.

Simonov Ju.G., Simonova T.Ju. (2004) Rechnoj bassejn i bassejnovaja organizacija geograficheskoj obolochki. *Jerozija pochv i ruslovyje processy*, 14, 16-32.

Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. (2014) Basin organizations of nature use, Belgorod region. *Biogeosystem Technique*, 2(2), 163-173.

Ermolaev O.P., Maltsev K.A., Mukharamova S.S. (2017) Cartographic model of river basins of European Russia. *Geogr. and Natur. Resources*, 38(2), 131-138.

Gelfan A.N., Semenov V.A., Gusev E., Motovilov Y., Nasonova O., Krylenko I., Kovalev E. (2015) Large-basin hydrological response to climate model outputs: uncertainty caused by internal atmospheric variability. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 27-39.

Tkachev B.P., Bulatov V.I. (2012) *Mal'ye reki: sovremennoe sostojanie i jekologicheskie problemy*. GPNTB SO RAN. Novosibirsk, 114.

Shikunova E.Ju. (2007) Metodika i tehnologija avtomatizirovannogo vodohozjajstvennogo rajonirovanija. *Jekologija rechnyh bassejnov*. Trudy 4-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 435-439.

Shihov A.N., Cherepanova E.S., Ponomarchuk A.I. (2014) *Geoinformacionnye sistemy: primenenie GIS-tehnologij pri reshenii gidrologicheskikh zadach*. Perm', 91.

Erofeev A.A. (2012) Opredelenie struktury bassejnovykh geosistem na osnove geoinformacionnogo modelirovanija (na primere bassejnov mal'kh rek Tomska i ego okrestnostej) // *Vestnik Tomsk. gos. un-ta*, 363, 192-195.

Ryzhov Ju.V. (2009) Jerozionno-akkumuljativnye processy v bassejnah mal'kh rek juga Vostochnoj Sibiri. *Geografija i prirodnye resursy*, 3, 94-101.

Haptuhaeva N.N. (2012) Ocenka intensivnosti jerozionno-akkumuljativnykh processov v bassejne mal'kh rek juga Vostochnoj Sibiri. *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*, 1, 24-26.

Trifonova T.A., Mishhenko N.V., Selivanova N.V., Chesnokova S.M. (2009) *Bassejnovyj podhod v jekologicheskikh issledovaniyah*. – Vladimir, 4-9.

Savichev O.G., Bolom I., Haranzhevskaja Ju.A. (2010) Mnogoletnie izmenenija jelementov vodnogo balansa bassejnov mal'kh rek na juge Zapadnoj Sibiri. *Izv. Tomsk. politeh. un-ta*, 316(1), 124-128.

Haptuhaeva N.N., Tarmaev V.A. (2014) Pochvenno-jerozionnye processy v bassejnah mal'kh rek Zapadnogo Zabajkal'ja. *Vest. SVNC DVO RAN*, 3, 41-45.

- Vershinina I.P. (2016) Ocenka jenergeticheskogo potentsiala malyh rek bassejna Tomi. *Izv. Tomsk. politeh. un-ta. Inzhiniring georesursov*, 327(3), 111-118.
- Callow J.N., Van Niel K.P., Boggs G.S. (2007) How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis. *Journal of Hydrology*, 332, 30-39.
- Bertolo F. (2000) *Catchment. Delineation and Characterization*. A review. *EuroLandscape - Catchment characterization and modelling (CCM)*, 1, 36.
- Turcotte R., Fortin J.-P., Rousseau A.N., Massicotte S., Villeneuve J.-P. (2001) Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology*, 240, 225-242.
- Vogt J., Puumalainen J., Kennedy P., Folving S. (2004) Integrating information on river networks, catchments and major forest types: towards the characterisation and analysis of European landscapes. *Landscape and Urban planning*, 67, 27-41.
- Vedeneeva E.A., Ermolaev O.P., Mal'cev K.A., Muharamova S.S., Harchenko S.V. (2016) Karta bassejnovykh geosistem evropejskoj chasti Rossii. *Teorija i metody sovremennoj geomorfologii: materialy XXXV Plenuma Geomorfologicheskoy komissii RAN*, 1, 336-338.
- Ermolaev O.P., Mal'cev K.A., Ivanov M.A. (2014) Avtomatizirovannoe postroenie granic bassejnovykh geosistem dlja Privolzhskogo federal'nogo okruga. *Geografija i prirodnye resursy*, 3, 32-39.
- Federal Standards and Procedures for the National Watershed Boundary Dataset* (2013) (4 ed.): Techniques and Methods 11–A3. U. S. Geological Survey and U.S. Depart. of Agric., Natural Resources Conserv. Service, 63 [Elektronnyj resurs]: URL: <http://pubs.usgs.gov/tm/11/a3/> (data obrashhenija: 28.02.2023).
- Gosudarstvennyj vodnyj reestr: r.Taryn-Jurjah* [Elektronnyj resurs]: URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=259299>; *r.Toit-Jugan* [Электронный ресурс]: URL: <http://www.textual.ru/gvr/index.php?card=200135> (data obrashhenija: 28.02.2023).
- Mal'cev K.A., Ermolaev O.P. (2014) Ispol'zovanie cifrovyyh modelej rel'efa dlja avtomatizirovannogo postroenija granic vodosborov. *Geomorfologija*, 1, 45-53.
- Alekseevskij N.I. (2000) Indikacionnye metody gidromorfologicheskikh issledovanij. *Jerozija pochv i ruslovyje processy*, 12, 232-241.
- Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. (2014) Basin organizations of nature use, Belgorod region. *Biogeosystem Technique*, 2(2), 163-173.
- Nitze I. Grosse G. (2016) Detection of landscape dynamics in the Arctic Lena Delta with temporally dense Landsat time-series stacks. *Remote Sensing of Environment*, 181, 27-41.
- Boltramovich S.F., Zhironov A.I., Lastochkin A.N. i dr. (2005) *Geomorfologija*. M., 144-145.

ГАЗ технологиясын қолдана отырып, Сібірдің кіші өзендері бассейндерінің шекараларын құру

^{*1}Е.А.Шынбергенов, ¹Н.С.Сиханова

¹Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті (Қызылорда, Қазақстан)

Аңдатпа

Сібір мен Қиыр Шығыстың қарқынды индустриялық-экономикалық дамуы антропогендік жүктемені күшейтуге ықпал етеді. Бұл тұрғыда табиғи ортаның құрамдас бөліктерінің өзгеруін зерттеуге бағытталған болжамды зерттеулер жүргізу ерекше танымал болды. Аумақты географиялық талдау операциялық-аумақтық бірлік ретінде әрекет ететін өзендердің бассейндік құрылымы негізінде жүзеге асырылуы мүмкін. Мақалада ГАЗ құралдарымен Жерді қашықтықтан зондтау деректері негізінде Ресейдің Азиялық бөлігінің Арктикалық су жинайтын шағын өзендер бассейндерінің шекараларын құру нәтижелері келтірілген. Бастапқы материал-gmted 2010 сандық жер бедері моделі. Сынақ учаскелерін таңдау рельефке негізделген. Алынған бассейн шекаралары векторлық форматта масштабтағы топографиялық растрлық карталарда визуалды шифрды ашу әдісімен бөлінген су жинағыштармен салыстырылды 1:200 000, 1:1 000 000. Кіші өзендер бассейндерінің салынған шекараларын тексеру жартылай автоматты және сараптамалық әдістердің салыстырмалы нәтижелерін

көрсетті (масштабы 1:1 000 000). Картаның масштабы мен су жинау аймағының ұлғаюы туындаған қателіктердің азаюына әкеледі. Алынған мәліметтер Зерттеу аумағы үшін жаңа болып табылады. *Түйін сөздер:* РСҮ, кіші өзендер, GMTED 2010, су жинау шекаралары, салыстырмалы талдау.

Plotting of catchments of small rivers of Siberia with using GIS technologies

^{*1}Ye.A.Shynbergenov, ¹N.S.Sihanova

¹Korkyt Ata Kyzylorda University (Kyzylorda, Kazakhstan)

Abstract

The dynamic industrial and economic development of Siberia and the Far East contributes to the strengthening of anthropogenic pressure. In this context, prognostic studies aimed at studying changes in the components of the natural environment are gaining particular popularity. Geographical analysis of the territory can be performed on the basis of the basin structure of rivers, which act as an operational territorial unit. The article presents the results of constructing the boundaries of the basins of small rivers of the Arctic catchment area of the Asian part of Russia on the basis of remote sensing data of the Earth by means of GIS tools. The source material is a digital relief model GMTED 2010. The choice of test sites was based on the terrain. The obtained basin boundaries in vector format were compared with catchments identified by visual decoding on topographic raster maps of scale 1:200 000, 1:1 000 000. Verification of the constructed boundaries of small river basins showed comparable results of semi-automatic and expert methods (scale 1:1,000,000). The enlargement of the map scale and the catchment area leads to a reduction in the errors that occur. The data obtained are new for the study area.

Keywords: DEM, small rivers, GMTED 2010, catchment boundaries, comparative analysis.

Поступила в редакцию: 28.02.2023

Одобрена: 23.05.2023

Первая публикация на сайте: 25.07.2023

МРНТИ: 87.53.13

<https://doi.org/10.65247/3105-3432-2024-4.04>

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И МЕТОДИКИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ И БУРОВЫХ ОТХОДОВ

^{*1}Ж.Б.КОКАНБЕК^{id}, ¹А.Б.КАРАБАЛАЕВА^{id}

¹Кызылординский университет имени КORKYT ATA
(Кызылорда, Казахстан)

^{*}zhazira.kokanbek@mail.ru, aiman_jan@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются основные особенности экологического мониторинга загрязнения почв при переработке нефтяных и буровых отходов, проводимый в Кызылординской области. Авторами проведены экспериментальные исследования по переработке буровых и нефтяных отходов для выявления воздействия на окружающую среду. Для исследования использовался буровой шлам, жидкие отходы бурения, к которым относятся буровые сточные воды и отработанный буровой раствор, замазученный грунт и нефтешлам. Были использованы различные методы и технологии для переработки нефтяных и буровых отходов. Использовались площадка для размещения установки по переработке буровых шламов, 3 карты вылежки и осреднения буровых шламов, 2 траншеи для отстаивания и высушивания жидких отходов бурения и площадка компостирования замазученного грунта для эксперимента. На площадке переработки отходов бурения и нефтедобычи был переработан буровой шлам, нефтешлам и замазученный грунт. Переработка отходов бурения была проведена для получения продукта, используемого в дорожном строительстве. В результате проведенного экологического мониторинга была установлена эффективность проводимых работ для снижения негативной экологической нагрузки на окружающую среду.

Ключевые слова: экологический мониторинг, буровой шлам, нефтяные отходы, отходы бурения, экологическая нагрузка.